

**APLIKASI SINTESIS  $\text{TiO}_2$  DENGAN PREKURSOR  
 $\text{TiCl}_3$  SEBAGAI *SELF CLEANING* PADA CAT  
TEMBOK DENGAN *DISPERSANT* PEG 6000**

**Nama Mahasiswa** : Rizkyanti Desy Wahyuningtyas  
**NRP** : 2410 100 022  
**Jurusan** : Teknik Fisika  
**Dosen Pembimbing** : Dyah Sawitri, ST, MT  
Detak Yan Pratama, ST., MSc

**Abstrak**

Telah diaplikasikan sintesis nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dari prekursor  $\text{TiCl}_3$  dengan fase anatase dan rutile pada komposisi 1%, 1,5%, dan 2% sebagai *self cleaning* pada cat tembok menggunakan polietilen glikol (PEG) 6000 sebagai dispersant. Ukuran partikel yang didapat untuk fase anatase adalah 34,45 nm dan 60,65 nm untuk fase rutile. Pengujian *self cleaning* menggunakan dua macam pengotor yaitu lumpur dan tinta sepidol warna hitam. Dari pengujian FTIR, masih menunjukkan absorbansi pada bilangan gelombang tertentu yang merupakan karakteristik PEG. Pengolahan citra menggunakan ImageJ digunakan untuk menghitung luas area pengotor, prosentase sisa pengotor dan distribusi  $\text{TiO}_2$ . Untuk mengetahui distribusi  $\text{TiO}_2$  pada cat dilakukan pengujian menggunakan *Scanning Electron Microscopes* (SEM). Hasil pengolahan citra menunjukkan 2%  $\text{TiO}_2$  dengan perbandingan anatase : rutile = (90:10) memiliki luas area pengotor paling kecil untuk pengotor lumpur dan 2%  $\text{TiO}_2$  dengan perbandingan anatase : rutile = (95:5) untuk pengotor tinta sepidol warna hitam.

**Kata kunci:** anatase, PEG, rutile, *self cleaning*,  $\text{TiO}_2$

**APPLICATION OF SYTHESIS  $\text{TiO}_2$  WITH  $\text{TiCl}_3$   
PRECURSORS FOR SELF CLEANING IN WATER  
BASED PAINT WITH POLYETHYLENE GLYKOL  
(PEG) 6000 AS DISPERSANT**

<b>Name</b>	<b>: Rizkyanti Desy Wahyuningtyas</b>
<b>NRP</b>	<b>: 2410 100 022</b>
<b>Department</b>	<b>: Engineering Physics</b>
<b>Supervisor</b>	<b>: Dyah Sawitri, ST, MT Detak Yan Pratama, ST., MSc</b>

***Abstract***

*Has been applied to the synthesis of  $\text{TiO}_2$  nanoparticles from precursors  $\text{TiCl}_3$  with rutile and anatase phase, on the composition of 1%, 1,5% and 2% as self cleaning wall paint using polyethylene glycol (PEG) 6000 as a dispersant. The size of the particles obtained for anatase phase is 34, 45 nm and rutile phase for 60,65 nm. Self cleaning test using two kinds of pollutant that mud and ink markers in black color. From FTIR characterizations show wave number absorbance indicating characteristic peaks of PEG. Image processing using ImageJ is used to calculate the area of pollutant, percentage of  $\text{TiO}_2$  pollutant and distribution. Scanning Electron Microscopes (SEM) using to find the calculated area of pollutant and distribution of  $\text{TiO}_2$ . Image processing result show that 2%  $\text{TiO}_2$  with ratio of anatase : rutile = (90:10) has the minimum mud pollutant area and 2%  $\text{TiO}_2$  with ratio anatase : rutile = (95:5) for ink marker pollutant area.*

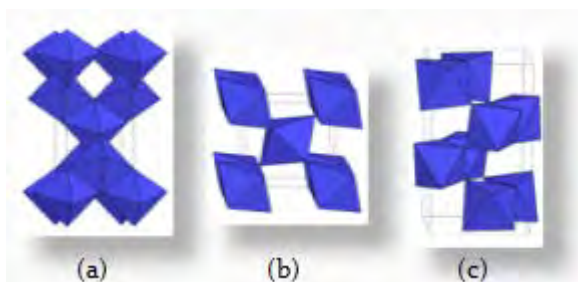
***Keyword: anatase, PEG, rutile, self cleaning,  $\text{TiO}_2$***

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Titanium Dioxide ( $\text{TiO}_2$ )

Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) merupakan material yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, diantaranya yaitu sebagai pigmen putih di industri kosmetik dan makanan, *self cleaning coating* pada kaca dan keramik, serta sebagai penjernih air.  $\text{TiO}_2$  adalah bahan semikonduktor yang dapat mengalami aktivasi kimia dengan menggunakan bantuan cahaya atau disebut dengan proses fotokatalis. Ada tiga macam struktur  $\text{TiO}_2$  yang umum ada di alam yaitu anatase, rutile, dan brookite. Di antara ketiga struktur  $\text{TiO}_2$  tersebut yang memiliki sifat fotokatalis paling baik adalah struktur anatase. Oleh karena itu struktur anatase banyak digunakan untuk aplikasi *self cleaning*. Struktur anatase memiliki bentuk rantai oktahedra  $\text{TiO}_6$  yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 2.1** Nanokristal  $\text{TiO}_2$  (a)Anatase, (b)Rutile, (c)Brookite  
([ruby.colorado.edu/~smyth/min/tio2.html](http://ruby.colorado.edu/~smyth/min/tio2.html))

Pada fase rutile, setiap oktahedron dikelilingi oleh sepuluh oktahedron tetangga sedangkan anatase hanya dikelilingi delapan oktahedron tetangga. Jika  $\text{TiO}_2$  dipanaskan, fase anatase dapat ditemukan akan berubah menjadi rutile pada temperatur 600-700°C. ( Pillai, dkk., 2007). Fase rutile merupakan fase hasil sintesis mineral *ilmenite* dengan proses Becher (Narayan, 2011). Pada proses tersebut, oksida besi yang terkandung di dalam

*ilmenite* dipisahkan dengan bantuan gas sulfat atau klor pada temperatur yang tinggi sehingga menghasilkan struktur rutil dengan kemurnian 91-93% (Dewan, 2010).

Setiap ion  $\text{Ti}^{4+}$  dikelilingi oleh enam atom ion  $\text{O}^{2-}$ . Oktahedron pada struktur rutil memperlihatkan sedikit distorsi ortorhombik, sedangkan oktahedron pada anatase memperlihatkan distorsi yang cukup besar sehingga relatif tidak simetri. Jarak Ti-Ti pada anatase lebih besar dibandingkan rutil, sedangkan jarak ion Ti-O lebih pendek. Perbedaan dalam struktur kisi ini menyebabkan perbedaan massa jenis dan struktur pita elektronik antara dua bentuk  $\text{TiO}_2$ . Energi bandgap pada anatase adalah 3,2 eV sedangkan rutil 3,1 eV (<http://ruby.colorado.edu>). Dengan energi bandgap 3,2 eV maka  $\text{TiO}_2$  cocok untuk digunakan proses fotokatalis dikarenakan memerlukan bantuan sinar UV dalam proses *self cleaning*. Perbedaan sifat struktur kristal anatase, rutil dan brookite ditunjukkan pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Sifat struktur kristal  $\text{TiO}_2$  fase anatase, rutil dan brookite ([ruby.colorado.edu/~smyth/min/tio2.html](http://ruby.colorado.edu/~smyth/min/tio2.html))

	Rutile	Anatase	Brookite
<b>Form.Wt.</b>	79,89	79,89	79,89
<b>Z</b>	2	4	8
<b>CrystalSystem</b>	Tetragonal	Tetragonal	Orthorombic
<b>PointGroup</b>	4 <i>mmm</i>	5 <i>mmm</i>	-
<b>SpaceGroup</b>	P42/ <i>mm</i>	I41/ <i>amd</i>	<i>Pbca</i>
<b>UnitCell</b>			
<b>a(Å)</b>	4,5845	3,7842	9,184
<b>b(Å)</b>	-	-	5.447
<b>c(Å)</b>	2,9533	9,5146	5,145
<b>Vol</b>	62,07	136,25	257,38
<b>MolarVol</b>	18,693	20,156	19,377
<b>Density</b>	4,2743	3,895	4,123

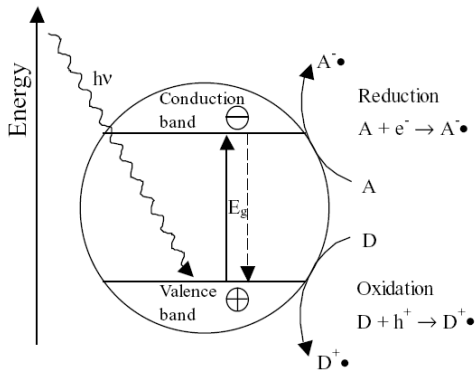
## 2.2 Sintesis Nanokristal $\text{TiO}_2$

Dalam beberapa tahun belakangan ini, para peneliti dapat melakukan sintesis partikel dalam skala nano dengan metode-metode yang berbeda. Adapun beberapa metode yang sering digunakan adalah metode sol gel, metode hidrolisis, dan metode kopresipitasi.

Diantara beberapa metode tersebut, metode kopresipitasi merupakan metode yang paling sederhana. Prosedurnya lebih mudah dilakukan dan memerlukan suhu reaksi yang rendah ( $< 100\text{ }^\circ\text{C}$ ). Metode kopresipitasi merupakan metode sintesis *bottom up* atau proses kimia yang membawa suatu zat terlarut ke bawah sehingga terbentuk endapan yang dikehendaki untuk mendapatkan ukuran partikel kecil berukuran nanometer (Sau, 2012). Metode ini memiliki prinsip yaitu melepas ikatan kontinyu yang dimiliki oleh suatu senyawa logam dalam bentuk cairan tanpa mempertimbangkan mekanisme spesifik yang terjadi (<http://ruby.colorado.edu>). Dengan menggunakan metode kopresipitasi, didapatkan material berbentuk padatan (*solid*) dari presipitatnya yang berbentuk cairan (*aqueous*) (Zhu, 3003). Sehingga, metode ini sangat sesuai diterapkan pada proses sintesis untuk mendapatkan material-material jenis logam seperti seng (Zn), titanium (Ti) dan besi (Fe) (Ningtyas, 2010; Castro, 2008).

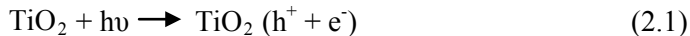
## 2.3 Fotokatalis $\text{TiO}_2$

Fotokatalis merupakan proses aktivasi kimia dengan menggunakan cahaya. Agar terjadi proses fotokatalis pada material  $\text{TiO}_2$  maka diperlukan penyinaran pada permukaan  $\text{TiO}_2$  dengan menggunakan sinar ultraviolet yang bisa berasal cahaya matahari atau lampu UV. Pada gambar 2.2 merupakan proses fotokatalis dari  $\text{TiO}_2$ .



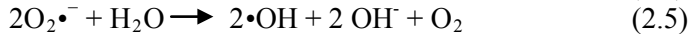
**Gambar 2.2** Proses fotokatalis  $\text{TiO}_2$  (Benedix, 2000)

Apabila partikel-partikel material  $\text{TiO}_2$  menyerap energi  $h\nu$  yang besarnya melebihi energi *band gap* maka akan menyebabkan elektron ( $e^-$ ) di pita valensi tereksitasi ke pita konduksi sehingga akan meninggalkan *hole* ( $h^+$ ) yang ditunjukkan oleh reaksi kimia (2.1). Pada bahan  $\text{TiO}_2$  yang merupakan bahan semikonduktor sebagian pasangan elektron-hole akan berdifusi ke permukaan dari partikel katalis. Pasangan elektron-hole yang terjebak di permukaan akan mengalami reaksi kimia dengan molekul donor yang terserap (D) atau molekul aseptor (A). Molekul donor akan teroksidasi oleh hole (2.2) sedangkan elektron di pita konduksi akan mengurangi elektron molekul aseptor (2.3) (Macias, 2003).

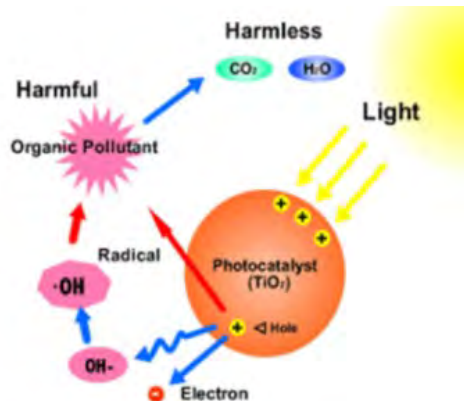
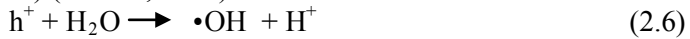


Elektron pada pita konduksi akan mereduksi oksigen di udara sehingga menghasilkan super-oxide ion  $\text{O}_2^{\bullet-}$  (2.4) yang merupakan partikel sangat reaktif sehingga mampu untuk mendekomposisi senyawa organik. Selanjutnya super-oxide akan bereaksi dengan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) yang menghasilkan radikal hidroksil

( $\bullet\text{OH}$ ) dan ion hidroksil ( $\text{OH}^-$ ) pada reaksi kimia (2.5) (Macias, 2003).

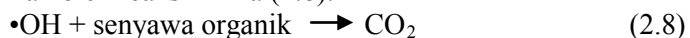


Proses fotokatalis  $\text{TiO}_2$  akan menyebabkan terjadinya dekomposisi senyawa organik secara langsung oleh *hole* atau secara tidak langsung oleh radikal hidroksil yang dihasilkan oleh reaksi antara *hole* dengan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ditunjukkan oleh reaksi kimia (2.6) dan antara *hole* dengan ion hidroksil ( $\text{OH}^-$ ) pada reaksi kimia (2.7) (Macias, 2003).



**Gambar 2.3** Degradasi senyawa organik oleh proses fotokatalis  $\text{TiO}_2$  (Schiavello, 1997)

*Hole* dapat mendekomposisi senyawa organik secara langsung karena termasuk oksidator yang sangat kuat. Begitu pula dengan radikal hidroksil juga merupakan oksidator yang kuat sehingga mampu mendegradasi senyawa organik menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  seperti yang ditunjukkan pada reaksi kimia (2.8). Dekomposisi senyawa organik sehingga menghasilkan  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan reaksi antara radikal hidroksil dan senyawa organik ditunjukkan oleh reaksi kimia (2.8).



## 2.4 Polietilen Glikol (PEG)

Polietilen glikol (PEG) disebut juga makrogol, merupakan polimer sintetik dari oksietilen dengan rumus struktur sebagai berikut :



Dimana  $n$  adalah jumlah rata-rata gugus oksietilen. PEG umumnya memiliki bobot molekul antara 200–300000. Penamaan PEG umumnya ditentukan dengan bilangan yang menunjukkan bobot molekul rata-rata. Konsistensinya sangat dipengaruhi oleh bobot molekul. PEG dengan bobot molekul 200-600 (PEG 200-600) berbentuk cair, PEG 1500 semi padat, dan PEG 3000-20000 atau lebih berupa padatan semi kristalin, dan PEG dengan bobot molekul lebih besar dari 100000 berbentuk seperti resin pada suhu kamar. Umumnya PEG dengan bobot molekul 1500-20000 yang digunakan untuk pembuatan dispersi padat (Leuner and Dressman, 2000; Weller, 2003). Polimer ini mudah larut dalam berbagai pelarut, titik leleh dan toksisitasnya rendah, berada dalam bentuk semi kristalin (Craig, 1990). Kebanyakan PEG yang digunakan memiliki bobot molekul antara 4000 dan 20000, khususnya PEG 4000 dan 6000. Proses pembuatan dispersi padat dengan PEG 4000, umumnya menggunakan metode peleburan, karena lebih mudah dan murah (Leuner and Dressman, 2000).

PEG yang mempunyai berat molekul 1000 atau lebih larut dalam air atau pelarut organik seperti alkohol, klorofom, dan hidrokarbon aromatik. PEG tidak larut dalam eter dan kebanyakan alifatik hidrokarbon. Semakin besar berat molekul maka kelarutan dalam air dan pelarut organik menurun.

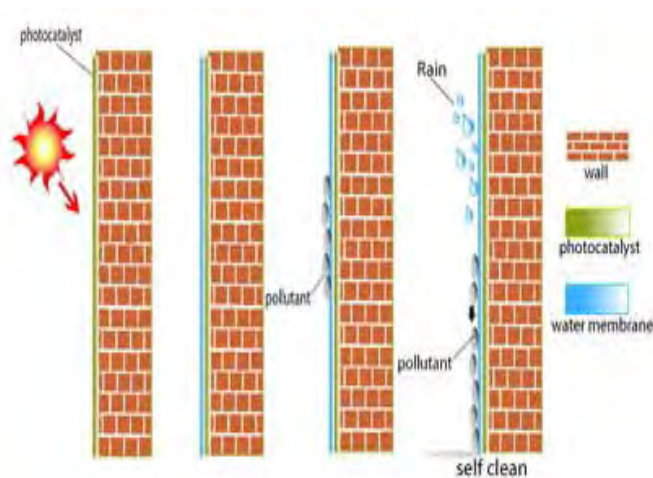
Katalis  $\text{TiO}_2$  umumnya berbentuk padat sehingga partikelnya cenderung lengket satu sama lain atau mengalami penggumpalan (secara mikroskopis), oleh karena itu dibutuhkan perlakuan khusus sebelum diaplikasikan pada permukaan. *Dispersant* atau zat pendispersi adalah bahan yang berfungsi untuk mendispersikan partikel-partikel dalam suspensi yang cenderung lengket satu sama lain agar tidak terjadi



penggumpalan. Zat pendispersi akan melapisi permukaan partikel-partikel dan mencegah partikel-partikel tersebut untuk membentuk gumpalan (*agglomerate*) sehingga akan tersebar merata dalam suspensi. Dengan penambahan PEG dengan jumlah tertentu sebagai zat pendispersi (*dispersant*) dapat digunakan untuk meningkatkan sifat fotokatalis  $\text{TiO}_2$  karena dapat mengurangi penggumpalan bahan  $\text{TiO}_2$  dan menjadikannya lebih homogen (Kusmahetingsih, 2012).

## 2.5 Aplikasi $\text{TiO}_2$ Sebagai *Self Cleaning Coating*

*Self cleaning coating* merupakan kondisi dimana suatu permukaan apabila terkena kotoran, pembersihan secara manual tidak dibutuhkan dan hanya dibutuhkan bantuan air hujan untuk mengatasi proses pembersihan tersebut.  $\text{TiO}_2$  bertindak sebagai *self cleaning* melalui 2 mekanisme yang berbeda. Pertama, menggunakan sinar ultraviolet untuk mendekomposisikan kotoran (fotokatalis). Kedua, radiasi UV menyebabkan terjadinya oksidasi sehingga mempengaruhi permukaan menjadi suka akan air (mengabsorpsi air).



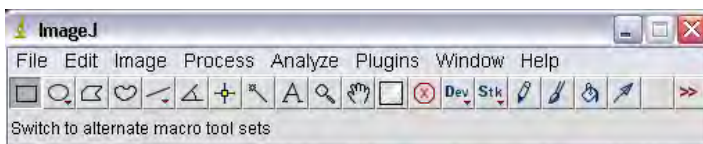
**Gambar 2.4** Proses *self cleaning* permukaan  $\text{TiO}_2$  pada dinding luar (Schiavello, 1997)

Apabila  $\text{TiO}_2$  digunakan untuk melapisi dinding luar seperti ditunjukkan pada gambar 2.4 maka permukaan tersebut akan menjadi bersifat *self cleaning* dan *anti soiling* karena kotoran dan polutan tidak dapat melekat pada dinding dan akan dibersihkan oleh air hujan.

Cat *self cleaning* merupakan cat yang memiliki kemampuan untuk menjaga dinding tetap bersih dengan mengusir kotoran, kabut, bakteri, alga dan jamur yang biasanya ada di permukaan. Cat *self cleaning* dapat dihasilkan dengan memanfaatkan sifat fotokatalis bahan  $\text{TiO}_2$ . Ketika partikel-partikel  $\text{TiO}_2$  disinari dengan menggunakan sinar ultraviolet maka akan terjadi oksidasi sehingga dapat mendekomposisikan polutan organik menjadi molekul yang tidak berbahaya. Namun, biasanya binder organik pada cat tidak akan menjadi lapisan yang bisa memberikan perlindungan ketika terjadi oksidasi. Selain itu efek lingkungan dan cuaca akan mengakibatkan terjadinya dekomposisi sehingga membuat film cat mengalami pengapuran (*chalk*), partikel pigmen kehilangan sifat adhesi terhadap film karena dekomposisi bahan pengikat (resin). Oleh karena itu diperlukan cara agar sifat fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dapat diaplikasikan untuk cat *self cleaning* tanpa menyebabkan film cat mengalami pengapuran terlalu cepat dan melepaskan partikel nano ke lingkungan.

## 2.6 ImageJ

ImageJ merupakan suatu peranti lunak untuk mengolah gambar yang mudah didapatkan secara bebas untuk umum. Program ini dikembangkan oleh *research services branch* (RSB), *national institute of mental health* (NIMH), bagian dari *national institute of mental health* (NIH), Bethesda, Maryland, USA (Ferreira & Rasband 2010). Gambar 2.5 menunjukkan *fitur* dari peranti lunak *ImageJ*.



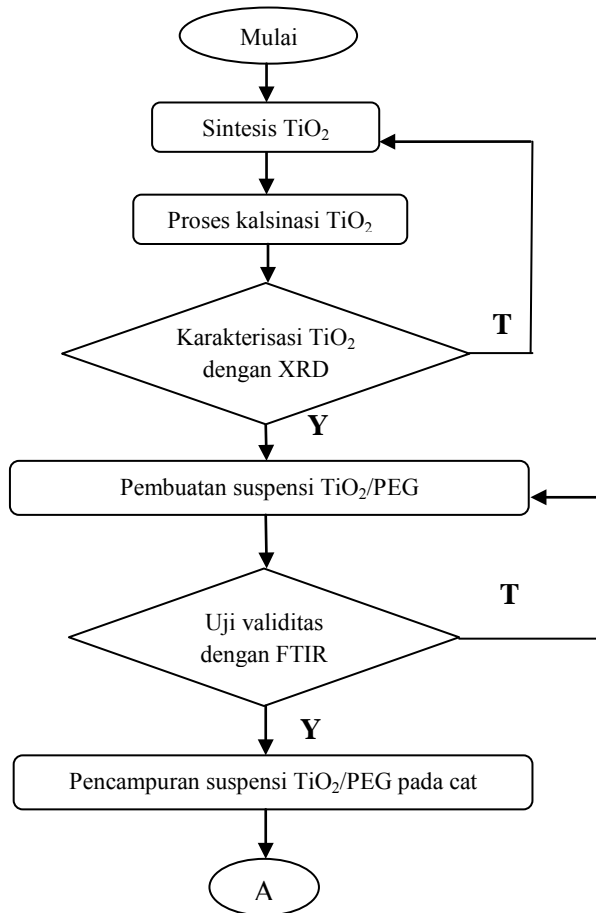
**Gambar 2.5** *Fitur ImageJ*

ImageJ dapat menampilkan, mengedit, menganalisa, memproses, menyimpan, dan mencetak 8-bit, 16-bit, dan 32-bit gambar. Program ini dapat membaca gambar dalam berbagai format, seperti TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS, dan gambar mentah (Ferreira & Rasband 2010).

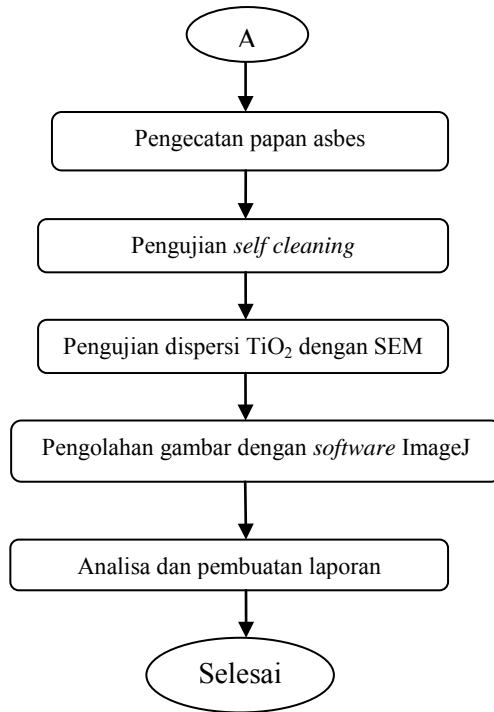
*Halaman ini memang dikosongkan.*

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang tahapan pengerjaan dari penelitian yang telah dilakukan. Berikut ini merupakan diagram alir tahapan pengerjaan secara umum:



**Gambar 3.1** Skema sintesis suspensi TiO<sub>2</sub>/PEG pada cat



**Gambar 3.2** Skema pengujian *self cleaning*

### 3.1 Sintesis Nanokristal TiO<sub>2</sub>

Pada penelitian diperlukan beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan proses sintesis. Bahan yang digunakan adalah:

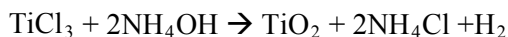
- TiCl<sub>3</sub> (Titanium trichlorid)
- HCl (hydrochlorid acid) 2M 37%
- NH<sub>4</sub>OH (ammonia) 2M 25%
- Aquades

Sedangkan alat yang digunakan pada proses sintesis adalah:

- Timbangan digital
- Gelas beaker
- Gelas ukur

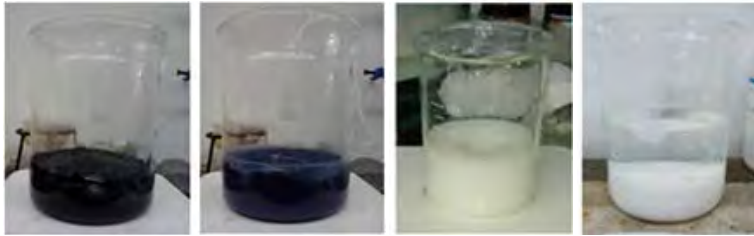
- Pipet
- Spatula
- Gunting
- Mortar
- Kertas filter
- *Crucible* ukuran 50 ml
- *Magnetic stirrer*
- *Hotplate* Yellow MAG HS7
- *Furnace*
- Masker
- Sarung tangan

Dalam proses sintesis digunakan  $\text{TiCl}_3$  sebagai prekursor untuk menghasilkan  $\text{TiO}_2$  dengan dicampurkan 10 ml  $\text{TiCl}_3$  dengan 0,3 ml HCl dan 4,7 ml aquades (Gambar 3.3a), diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan temperatur  $45^\circ$  dan kecepatan 1,5 m od. Setelah didapatkan larutan yang homogen selama pengadukan  $\pm 5$  menit, kemudian ditambahkan 20 ml HCl, lalu diaduk kembali sampai didapatkan warna larutan yang lebih gelap (biru tua) (Gambar 3.3b). Selanjutnya ditambahkan 50 ml  $\text{NH}_4\text{OH}$  kemudian diaduk kembali dan untuk seterusnya ditambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  terus menerus sebanyak 400 ml sampai didapatkan endapan putih di permukaannya. Pengadukan dilakukan sampai didapatkan larutan berwarna putih pekat (Gambar 3.3c). Selanjutnya pengadukan dihentikan dan didiamkan untuk proses pengendapan  $\text{TiO}_2$  (Gambar 3.3d). Hasil pengendapan  $\text{TiO}_2$  dipisahkan dengan fase cairnya lalu dicuci dengan menggunakan aquades sampai tidak lagi tercium bau  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan untuk selanjutnya disaring menggunakan kertas *filter* (Wahyuono, 2013). Berikut ini merupakan bentuk reaksi kimia dari proses sintesis yang dilakukan oleh (Hunter, 1998).



Untuk memperoleh fasa anatase dilakukan proses kalsinasi  $\text{TiO}_2$  pada suhu  $400^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Selanjutnya untuk

memperoleh fasa rutil dilakukan proses kalsinasi  $\text{TiO}_2$  pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 7 jam. Kemudian dilakukan karakterisasi  $\text{TiO}_2$  dengan menggunakan XRD (*X-ray diffraction*) untuk mengetahui fasanya.



**Gambar 3.3** Proses sintesis  $\text{TiO}_2$  setelah ditambahkan (a) larutan  $\text{HCl}$  37% dan (b) larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  25% sampai menghasilkan (c) larutan putih pekat (d) proses pengendapan

### 3.2 Pencampuran $\text{TiO}_2$ /PEG Pada Cat

Untuk pembuatan suspensi  $\text{TiO}_2$ /PEG digunakan campuran  $\text{TiO}_2$  fasa anatase dan rutil dengan perbandingan yang sudah ditentukan kemudian dilakukan penambahan PEG 6000. Penambahan PEG 6000 ditambahkan dengan komposisi empat kali masa dari  $\text{TiO}_2$  yang digunakan. Selanjutnya dilakukan pengujian FTIR untuk mengetahui jenis ikatan  $\text{TiO}_2$  dengan PEG. Proses pencampuran  $\text{TiO}_2$  dan PEG pada cat menggunakan *mixer*.

#### 3.2.1 Alat dan bahan

Bahan-bahan yang diperlukan pada proses pencampuran  $\text{TiO}_2$  dan PEG pada cat adalah:

- Cat paragon warna putih
- Suspensi  $\text{TiO}_2$ /PEG
- Aquades

Alat-alat yang diperlukan pada proses pencampuran  $\text{TiO}_2$  dan PEG pada cat adalah:

- Timbangan digital



- Gelas beaker
- Papan asbes
- Kuas
- *Mixer*

### 3.2.2 Preparasi $\text{TiO}_2$ Dan PEG 6000

Preparasi  $\text{TiO}_2$  yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari pemilihan jenis prekursor  $\text{TiCl}_3$ , proses kalsinasi, penentuan perbandingan fasa anatase dan rutil  $\text{TiO}_2$ , dan penentuan massa  $\text{TiO}_2$  yang dicampurkan dalam cat. Pada penelitian ini menggunakan  $\text{TiO}_2$  hasil dari sintesis precursor  $\text{TiCl}_3$  dengan metode kopresipitasi. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi  $\text{TiO}_2$  pada suhu  $400^\circ\text{C}$  selama 4 jam untuk mendapatkan fasa anatase dan kalsinasi  $\text{TiO}_2$  pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 7 jam untuk mendapatkan fasa rutil. Setelah didapatkan fasa anatase dan rutil kemudian dilakukan karakterisasi  $\text{TiO}_2$  dengan menggunakan XRD yang kemudian dapat dihitung ukuran partikelnya.

Setelah diketahui fasa dan ukuran partikel dari  $\text{TiO}_2$ , maka dilakukan penentuan perbandingan fasa anatase dan rutil yang digunakan yaitu 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, dan 70:30. Untuk variasi  $\text{TiO}_2$  yang dicampurkan pada cat adalah 1%, 1.5%, dan 2% dari massa cat. Berikut ini merupakan table perhitungan prosentase  $\text{TiO}_2$ :

**Tabel 3.1** Prosentase massa  $\text{TiO}_2$  dalam 50 gram Cat

Perbandingan fasa A : R yang ditentukan	$\text{TiO}_2$ 1%	$\text{TiO}_2$ 1.5%	$\text{TiO}_2$ 2%
	$\text{TiO}_2$ 0.5 gram	$\text{TiO}_2$ 0.75 gram	$\text{TiO}_2$ 1 gram
	Anatase (gram) : Rutil (gram)		
95:5	0.47:0.03	0.71:0.04	0.95:0.05
90:10	0.45:0.05	0.68:0.07	0.9:0.1
85:15	0.43:0.07	0.64:0.11	0.85:0.15
80:20	0.4:0.1	0.6:0.15	0.8:0.2
75:25	0.38:0.12	0.56:0.19	0.75:0.25
70:30	0.35:0.15	0.53:0.22	0.70:0.30

### 3.2.3 Preparasi cat

Pada penelitian ini cat yang digunakan adalah cat paragon warna putih. Selanjutnya proses pencampuran  $\text{TiO}_2$  dan PEG 6000 yang kemudian dicampurkan pada cat terdiri dari 2 tahap, yaitu pembuatan suspensi  $\text{TiO}_2$ /PEG dan pencampuran suspensi  $\text{TiO}_2$ /PEG pada cat.

**1) Pembuatan Suspensi  $\text{TiO}_2$ /PEG**

Pembuatan suspensi  $\text{TiO}_2$  dilakukan pencampuran antara  $\text{TiO}_2$  dengan aquades 10 ml kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan temperatur 50 °C selama 2 jam. Massa  $\text{TiO}_2$  yang digunakan sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan penambahan PEG 6000 dengan massa empat kali  $\text{TiO}_2$  yang digunakan kemudian dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* pada temperatur 60 °C selama 15 menit.

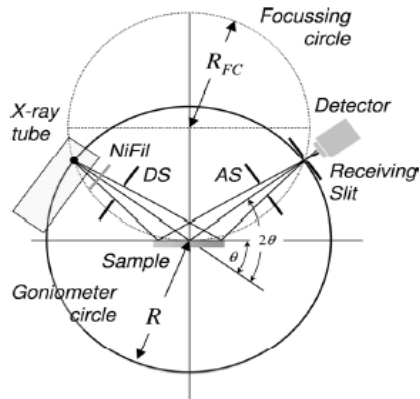
**2) Pencampuran  $\text{TiO}_2$ /PEG Pada Cat**

Pencampuran suspensi  $\text{TiO}_2$ /PEG pada cat dilakukan dengan menggunakan *mixer* selama 5 menit. Massa cat yang digunakan adalah 50 gram untuk semua sampel.

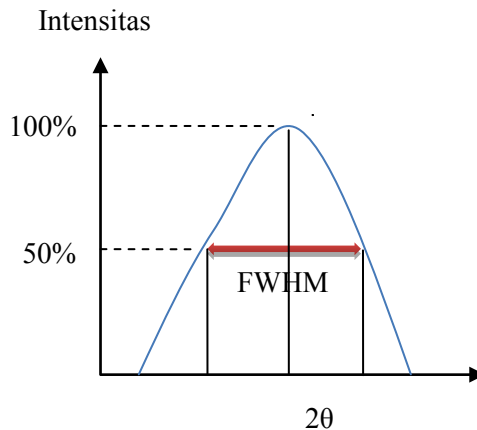
### **3.3 Pengujian XRD $\text{TiO}_2$**

Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) adalah pengujian material yang memanfaatkan prinsip difraksi sinar-X. Sinar-X ditembakkan pada sampel kemudian akan terjadi proses penghamburan setelah sinar-X bertumbukan dengan sampel yang diuji.

Hasil dari pengujian ini berupa grafik intensitas terhadap sudut difraksi (2 $\theta$ ). Semakin tinggi intensitas yang dihasilkan menunjukkan bahwa material yang terkandung dalam sampel semakin kristalin. Semakin rendah intensitas yang dihasilkan menunjukkan bahwa material yang terkandung dalam sampel berbentuk amorf. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel dan presentase fasa dari suatu bahan. Gambar 3.3 merupakan skema pengujian XRD dengan menggunakan alat Philip MD-X'pert MPD.



**Gambar 3.4** Skema difraksi pada XRD



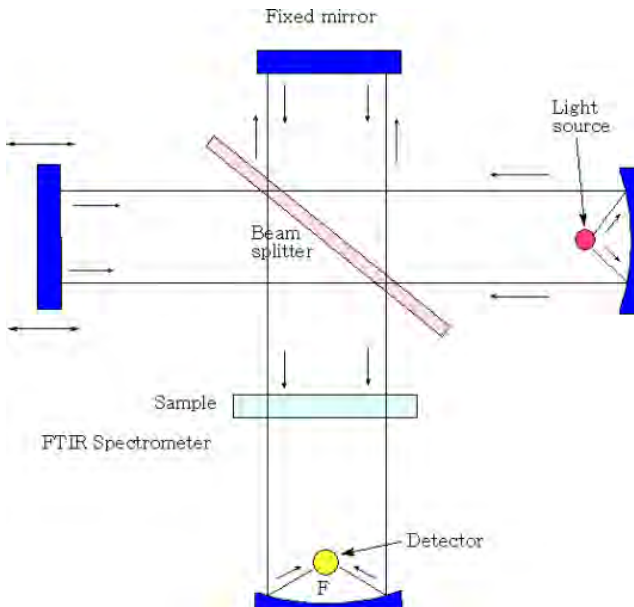
**Gambar 3.5** Ilustrasi perhitungan FWHM pada salah satu puncak

### 3.4 Pengujian FTIR Suspensi $\text{TiO}_2/\text{PEG}$

Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) adalah pengujian material menggunakan spektroskopi inframerah. FTIR menggunakan monokromator Michelson Interferometer, dimana terdapat dua cermin yaitu cermin yang bergerak tegak lurus dan cermin diam. Gambar 3.6 merupakan skema sistem optik spektrofotometer FTIR. Sinar inframerah nantinya akan diserap

atau diteruskan oleh sampel sehingga akan ada perbedaan intensitas spektrum yang ditangkap oleh detektor. Spektrum ini yang kemudian akan diolah menggunakan *Fourier Transform* sehingga dihasilkan grafik cahaya yang ditransmisikan terhadap bilangan gelombang. Setelah didapatkan grafik cahaya maka dapat diketahui karakteristik dari material yang diuji.

Pengujian ini dilakukan untuk menguji sifat absorbsi dan mengetahui jenis ikatan kimia yang ada pada suspensi  $\text{TiO}_2/\text{PEG}$  6000. Hasil serapan yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan data referensi serapan suspensi  $\text{TiO}_2/\text{PEG}$  6000 pada penelitian sebelumnya.



**Gambar 3.6** Skema sistem optik spektrofotometer FTIR

### 3.5 Pengujian *self cleaning*

#### 3.5.1 Preparasi objek pengecatan

Pada penelitian ini objek yang digunakan sebagai media pengecatan adalah papan asbes lurus dengan tebal 0,3 mm dan berukuran 10 cm x 10 cm sebanyak 38 papan. Untuk masing-

masing pengotor terdiri dari 18 papan untuk campuran  $\text{TiO}_2$  dan PEG 6000 sedangkan 1 papan untuk cat tanpa campuran  $\text{TiO}_2$  dan PEG. Sebelum dilakukan pengecatan pastikan papan asbes yang akan digunakan dalam keadaan bersih atau tidak ada debu maupun kotoran. Berikut ini merupakan table sampel untuk pengujian yang digunakan campuran antara  $\text{TiO}_2$ /PEG :

**Tabel 3.2** Perbandingan  $\text{TiO}_2$ /PEG untuk pengujian *self cleaning*

No	$\text{TiO}_2$ (%)	Perbandingan $\text{TiO}_2$ Fase Anatase : Rutile (gram)	Massa PEG 6000 (gram)
1	1%	95:5	2
2	1%	90:10	2
3	1%	85:15	2
4	1%	80:20	2
5	1%	75:25	2
6	1%	70:30	2
7	1.5%	95:5	3
8	1.5%	90:10	3
9	1.5%	85:15	3
10	1.5%	80:20	3
11	1.5%	75:25	3
12	1.5%	70:30	3
13	2%	95:5	4
14	2%	90:10	4
15	2%	85:15	4
16	2%	80:20	4
17	2%	75:25	4
18	2%	70:30	4
19	Cat biasa	-	-

### 3.5.2 Pengujian *Self Cleaning*

Pengujian *self cleaning* dilakukan ketika cat pada papan asbes sudah kering. Pengujian *self cleaning* dilakukan dengan diberi pengotor berupa lumpur dan tinta sepidol. Sampel yang telah diberi pengotor kemudian diambil gambarnya dan dijemur dibawah sinar matahari langsung selama 10 jam selama 4 hari.

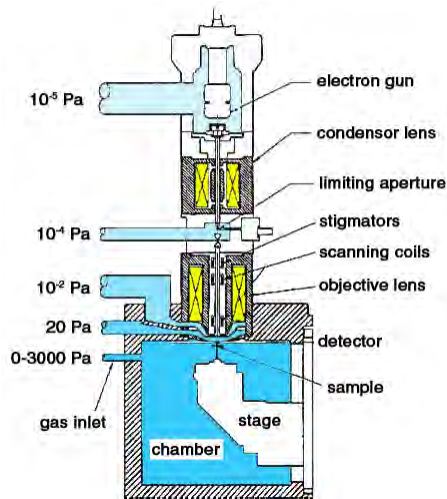
Penjemuran dilakukan pada pukul 07.00 WIB sampai pukul 17.00 WIB. Setelah dilakukan penjemuran selama 10 jam dilakukan penyemprotan dengan menggunakan air seperti pada gambar 3.7 kemudian dilakukan pengambilan gambar, dilakukan hal yang sama sampai hari ke 4 atau 40 jam penjemuran. Untuk membandingkan sifat *self cleaning* maka dilakukan pengolahan citra (*image processing*) menggunakan *software* ImageJ pada foto sampel. Pengolahan citra ini digunakan untuk mengetahui nilai *total area*, *area fraction*, dan *average size* pengotor yang masih tersisa pada sampel. Dari pengolahan citra tersebut maka akan dapat diketahui sampel mana yang memiliki sifat *self cleaning* terbaik.



**Gambar 3.7** Skema penyemprotan sampel pada pengujian *self cleaning*.

### 3.5.3 Pengujian Dispersi $\text{TiO}_2$ Dengan SEM

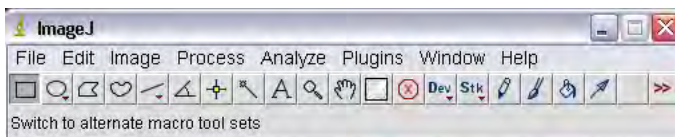
Pengujian *Scanning Electron Microscopes* (SEM) adalah mikroskop elektron yang dapat menghasilkan gambar sampel dari proses *scanning* dalam keadaan vakum dengan berkas elektron energi tinggi yang difokuskan. Dari gambar tersebut akan diperoleh analisa morfologi mikrostruktur dari sampel dan karakteristik komposisi kimianya. Pada pengukuran SEM, sampel harus merupakan zat yang dapat menghantarkan arus listrik.



**Gambar 3.8** Diagram skematik SEM (Wittke, J. H., 2008)

### 3.5.4 Pengolahan gambar dengan *software* ImageJ

Pengolahan gambar dengan *software* ImageJ ini dilakukan untuk mengetahui luas sisa pengotor, laju degradasi, dan prosentase sisa pengotor. Setelah diketahui luas sisa pengotor, laju degradasi, dan prosentase sisa pengotor maka dilakukan perhitungan fungsi trendline. Gambar sampel yang diolah hanya pada gambar yang ada pengotornya saja. Gambar sampel di set scale untuk mengkalibrasi skala dalam bentuk pixel ke skala cm. Untuk mendapatkan luas sisa pengotor, gambar sampel diubah dalam bentuk biner untuk memudahkan perhitungan. Setelah diubah dalam bentuk biner dilakukan pengaturan *threshold* untuk menentukan ukuran luas sisa pengotor yang sebenarnya. Selanjutnya dilakukan *analyze particle* untuk menghitung luas masing-masing sisa pengotor pada sampel.



**Gambar 3.8** Fitur ImageJ

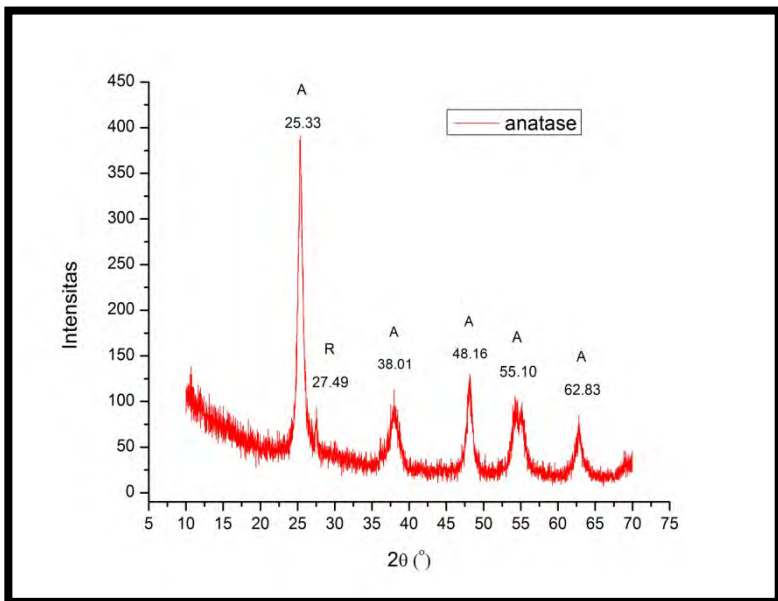
*Halaman ini memang dikosongkan.*



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

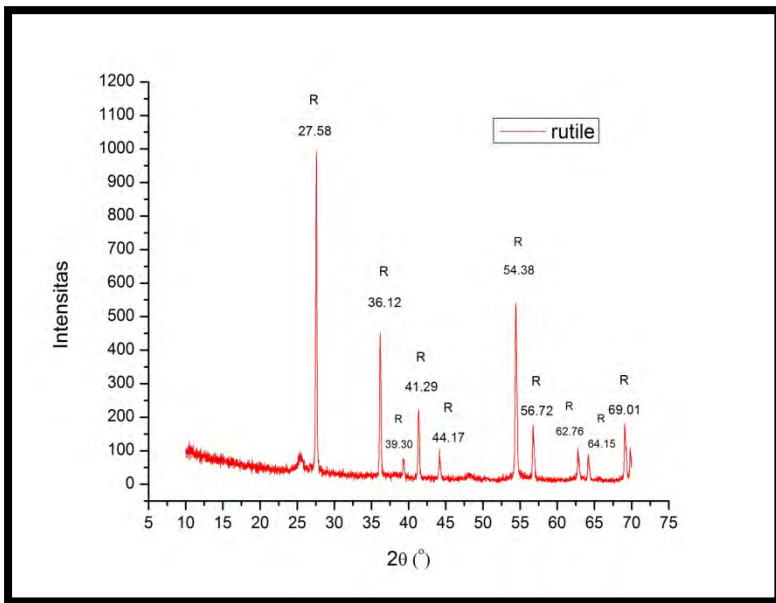
### 4.1 Pengujian XRD $\text{TiO}_2$

Hasil pengujian XRD pada gambar 4.1 menunjukkan terjadinya puncak-puncak yang muncul pada fase anatase. Pengujian XRD dilakukan dengan temperatur pemanasan  $400^\circ\text{C}$  dalam waktu 4 jam. Untuk menganalisa fase anatase digunakan acuan standar JCPDS 00-021-1272 dan 00-004-0551, sedangkan fase rutile menggunakan JCPDS 00-21-1276. Pada kurva tersebut dapat dilihat bahwa ditemukan  $\text{TiO}_2$  fase anatase pada sudut  $2\theta$  dengan  $25,33^\circ\text{C}$ ;  $38,01^\circ\text{C}$ ;  $48,16^\circ\text{C}$ ;  $55,2^\circ\text{C}$ ;  $62,83^\circ\text{C}$  dan memiliki bidang (101), (103), (200), (105), (213).



**Gambar 4.1** Hasil uji XRD  $\text{TiO}_2$  fase anatase dengan pemanasan  $400^\circ\text{C}$  dalam waktu 4 jam

Gambar 4.2 menunjukkan hasil XRD pada fase rutile dimana muncul puncak-puncak tertentu sesuai dengan acuan standar yang digunakan. Untuk fase rutile dapat diketahui dari munculnya puncak-puncak pada sudut  $2\theta$  dengan  $27,58^\circ\text{C}$ ;  $36,12^\circ\text{C}$ ;  $39,30^\circ\text{C}$ ;  $41,29^\circ\text{C}$ ;  $44,17^\circ\text{C}$ ;  $54,36^\circ\text{C}$ ;  $56,72^\circ\text{C}$ ;  $62,76^\circ\text{C}$ ;  $64,15^\circ\text{C}$ ;  $69,79^\circ\text{C}$  dan secara berturut-turut mempunyai bidang (110), (101), (111), (210), (211), (220), (310), (112).



**Gambar 4.2** Hasil uji XRD  $\text{TiO}_2$  fase rutile dengan pemanasan  $1000^\circ\text{C}$  selama 7 Jam

Pada subbab 4.1.1 telah dijelaskan hasil pengujian XRD serbuk  $\text{TiO}_2$ , dimana dari hasil tersebut kemudian dapat dilakukan perhitungan ukuran kristal menggunakan persamaan Scherrer (persamaan 4.1) (Sardela, 2008)

$$D = \frac{k\lambda}{\cos(\theta) * FWHM} \quad (4.1)$$

Dengan  $D$  adalah ukuran kristal suatu bahan (nm),  $k$  adalah konstanta ( $k=0,89$ ),  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X (Cu K $\lambda$ ) yang bernilai 0,154 nm, FWHM adalah *Full Width Half Maximum* (dalam radian), dan  $\theta$  adalah sudut difraksinya.

#### 4.2 Pengujian FTIR

Gambar 4.3 adalah hasil pengujian FTIR dari TiO<sub>2</sub> fase anatase dan rutile. Dari hasil pengujian dapat diketahui adanya beberapa gugus fungsi yang terjadi pada bilangan gelombang tertentu yang ditunjukkan dengan puncak gelombang yang terbentuk. Beberapa gugus fungsi yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.1.

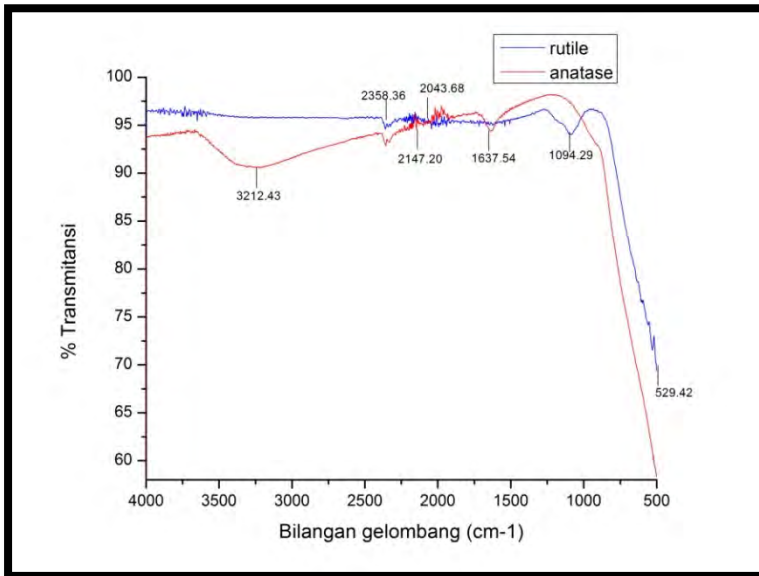
**Tabel 4.1** Bilangan gelombang dan gugus fungsi yang terjadi pada fase anatase dan rutile (Wu, dkk., 2012)

Fase	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi Teramati
Anatase	1210,92	Vibrasi Ti-O-O
	1636,61	<i>Bending vibration</i> dari H <sub>2</sub> O and Ti-OH
	2360,83	<i>Defect</i> (Vibrasi CO <sub>2</sub> )
	3357,26	H-OH menyerap air
Rutile	2358,65	<i>Defect</i> (Vibrasi CO <sub>2</sub> )

**Tabel 4.2** Transmittansi fase anatase dan rutile setelah dibandingkan dengan tabel 4.1

Fase	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Transmittansi (%)
Anatase	1637,54	94,365
	2147,20	94,599
	3212,43	90,554
Rutile	2358,36	94,588

Gambar 4.3 merupakan hasil pengujian FTIR TiO<sub>2</sub> yang menunjukkan adanya puncak-puncak pada bilangan gelombang 1637,54 cm<sup>-1</sup>, 2147,20 cm<sup>-1</sup>, 3212,43 cm<sup>-1</sup>, dan 2358,65 cm<sup>-1</sup>.



**Gambar 4.3** Hasil uji FTIR  $\text{TiO}_2$  fase anatase dan rutile

Pada tabel 4.3 menunjukkan data referensi serapan spectra FTIR PEG 6000. Hasil pengujian FTIR suspensi  $\text{TiO}_2$ /PEG 6000 dengan perbandingan 1%  $\text{TiO}_2$ , perbandingan 1,5%  $\text{TiO}_2$ , dan perbandingan 2%  $\text{TiO}_2$  dapat dilihat pada lampiran E. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan adanya puncak-puncak pada bilangan gelombang pada sekitaran  $1080 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1630 \text{ cm}^{-1}$ ,  $3300 \text{ cm}^{-1}$ .

**Tabel 4.3** Data referensi serapan spektra FTIR PEG 6000

Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Serapan karakteristik
2880	CH stretching alifatik
1470	Vibrasi bending CH
1100	C-O alkohol
950	Vibrasi C-C

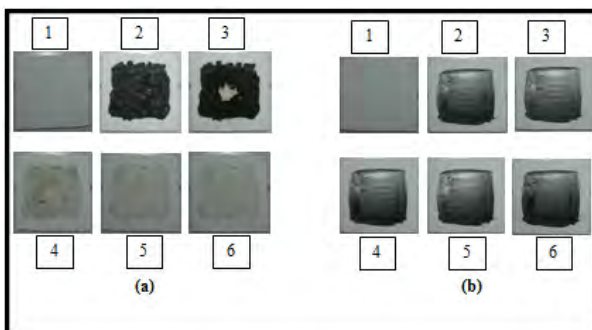
### 4.3 Pengujian *Self Cleaning* Dan Dispersi $\text{TiO}_2$

Pengujian *self cleaning* dilakukan dengan menggunakan dua jenis pengotor yaitu lumpur dan tinta sepidol. Sampel yang telah diberi pengotor kemudian dijemur 10 jam selama 4 hari dengan rentang pengambilan foto setiap 10 jam. Selanjutnya untuk mengetahui sifat *self cleaning* sampel digunakan pengolahan citra (*image processing*) dengan menggunakan *software* ImageJ.

#### 4.3.1 Pengujian *Self Cleaning* Dengan Pengotor Lumpur Dan Tinta Tanpa Adanya Kandungan $\text{TiO}_2$ /PEG Pada Cat

Pada gambar 4.4 merupakan sampel yang tidak diberi  $\text{TiO}_2$ /PEG 6000 akan tetapi tetap diberi pengotor berupa lumpur dan tinta. Keterangan nomor pada gambar 4.4 secara berurutan yaitu:

- (1) sampel sebelum diberi pengotor
- (2) sampel setelah diberi pengotor
- (3) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (I)
- (4) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (II)
- (5) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (III)
- (6) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (IV).



**Gambar 4.4** Sampel yang tidak diberi  $\text{TiO}_2$ /PEG

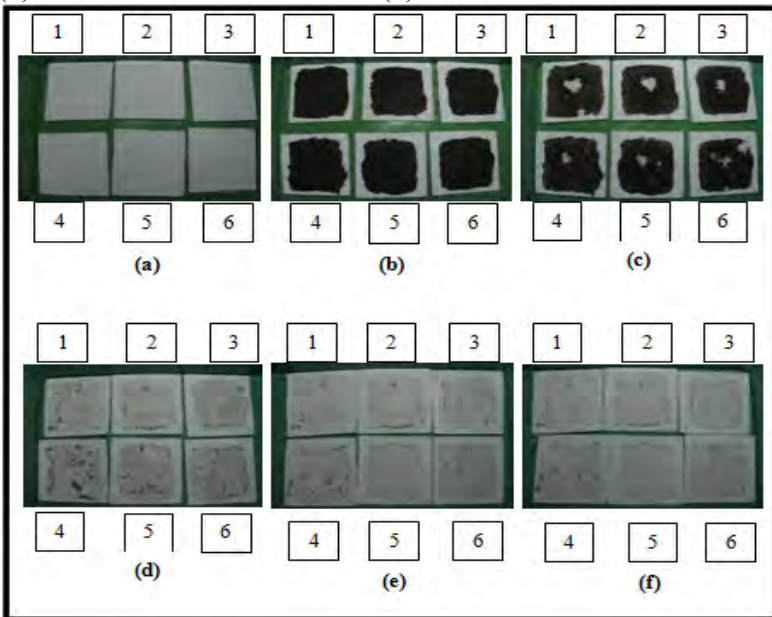
Pada gambar 4.4 merupakan gambar sampel dengan tanpa adanya campuran  $\text{TiO}_2$ /PEG. Pada sampel yang diberi pengotor lumpur, terjadi pengurangan sisa pengotor pada penjemuran 10 jam (I). Dengan adanya proses *self cleaning* semakin lama terjadi

pengurangan pengotor yang dapat dilihat pada gambar sampai penjemuran 10 jam (IV). Untuk sampel yang diberi pengotor tinta cenderung tidak terjadi pengurangan sisa pengotor pada penjemuran 10 jam (I). pengurangan pengotor terjadi sampai proses *self cleaning* pada penjemuran 10 jam (IV) akan tetapi sisa dari pengotor masih sangat banyak.

#### 4.3.2 Pengujian *Self Cleaning* Dengan Pengotor Lumpur

Hasil pengujian *self cleaning* dengan perbandingan 1%, 1,5%, 2%  $\text{TiO}_2$  untuk pengotor lumpur ditunjukkan pada gambar 4.5, gambar 4.6, dan gambar 4.7. Keterangan nomor pada gambar 4.5, gambar 4.6, dan gambar 4.7 secara berurutan menunjukkan bahwa sampel:

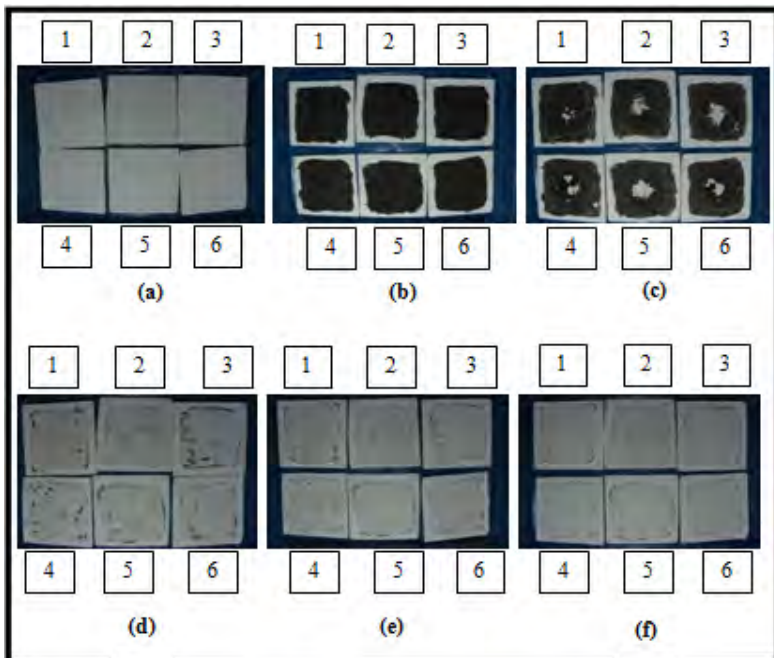
- (1)  $\text{TiO}_2$  anatase : rutile 95:5      (4)  $\text{TiO}_2$  anatase : rutile 80:20
- (2)  $\text{TiO}_2$  anatase : rutile 90:10      (5)  $\text{TiO}_2$  anatase : rutile 75:25
- (3)  $\text{TiO}_2$  anatase : rutile 85:15      (6)  $\text{TiO}_2$  anatase : rutile 70:30.



**Gambar 4.5** (a) Sampel sebelum diberi pengotor, (b) sampel setelah diberi pengotor, (c) sampel setelah

disemprot pada penjemuran 10 jam (I), (d) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (II), (e) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 Jam (III), (f) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (IV) dengan perbandingan 1%  $\text{TiO}_2$

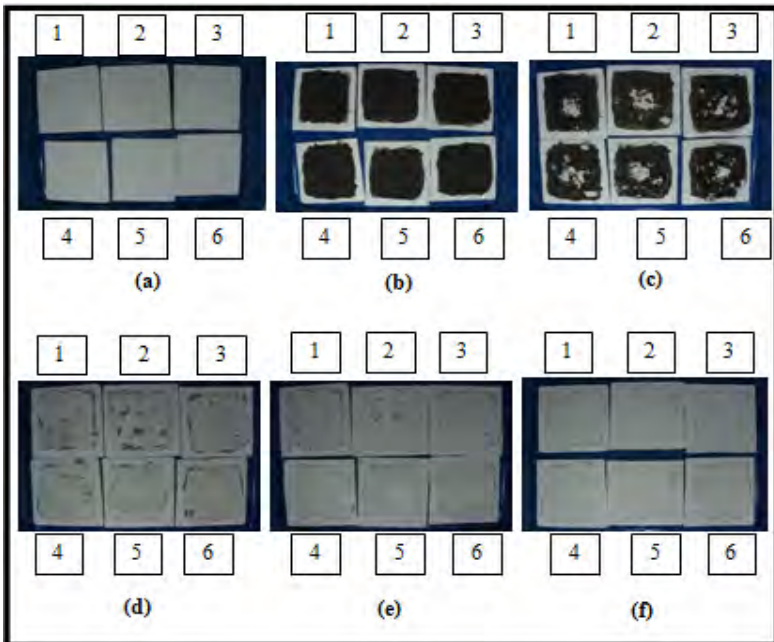
Pada gambar 4.5 merupakan gambar sampel dengan perbandingan 1%  $\text{TiO}_2$  pada pengotor lumpur. Keterangan gambar 4.5(a) merupakan keadaan awal sampel sebelum diberi pengotor dan gambar 4.5(b) merupakan keadaan awal sampel. Pada gambar 4.5(c) terjadi pengurangan pengotor pada sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam. Pengotor berkurang seiring bertambahnya waktu penjemuran yang terlihat pada gambar 4.5(f).



**Gambar 4.6** (a) Sampel sebelum diberi pengotor, (b) sampel setelah diberi pengotor, (c) sampel setelah

disemprot pada penjemuran 10 jam (I), (d) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (II), (e) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (III), (f) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (IV) dengan perbandingan 1,5%  $\text{TiO}_2$

Pada gambar 4.6(a) pengotor juga terlihat berkurang untuk perbandingan 1,5%  $\text{TiO}_2$  setelah disemprot pada penjemuran 10 jam. Terjadi pengurangan pengotor setelah penjemuran 40 jam dapat dilihat pada gambar 4.6(f).



**Gambar 4.7** (a) Sampel sebelum diberi pengotor, (b) sampel setelah diberi pengotor, (c) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (I), (d) Sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (II), (e) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 Jam



(III), (f) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 Jam (IV) dengan perbandingan 2% TiO<sub>2</sub>

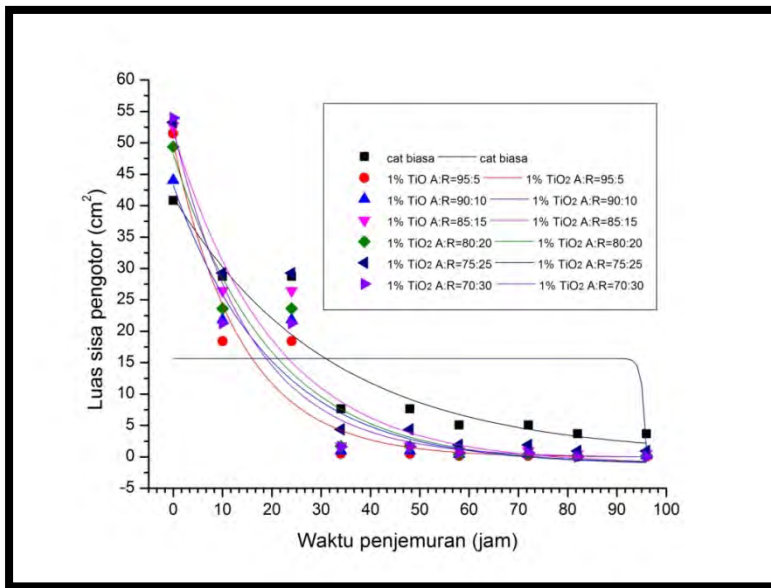
Hilangnya pengotor akibat perlakuan *self cleaning* yang diberikan terlihat sangat cepat dan banyak pengotor yang hilang terjadi pada perbandingan 2% TiO<sub>2</sub> anatase : rutil 90:10 yaitu pada gambar 4.7(f) untuk pengotor lumpur.

Gambar 4.4(a) sampai dengan gambar 4.7 setelah mengalami proses *self cleaning*, maka selanjutnya gambar tersebut diolah dengan menggunakan *software* ImageJ untuk mendapatkan nilai luas sisa pengotor, laju degradasi, dan *trendline*.

**Tabel 4.4** Laju degradasi awal pengotor dan luas sisa pengotor lumpur

Jenis sampel		Luas sisa pengotor (cm <sup>2</sup> )	Laju degradasi awal pengotor (cm <sup>2</sup> /menit)
Cat biasa		12.21	0.0034
1% TiO <sub>2</sub>	<b>95:5</b>	2.14	0.0103
	<b>90:10</b>	3.30	0.0015
	<b>85:15</b>	5.89	0.0075
	<b>80:20</b>	3.56	0.0030
	<b>75:25</b>	7.02	0.0084
	<b>70:30</b>	1.31	0.0026
1,5% TiO <sub>2</sub>	<b>95:5</b>	3.52	0.0006
	<b>90:10</b>	4.54	0.0183
	<b>85:15</b>	3.26	0.0208
	<b>80:20</b>	2.24	0.0030
	<b>75:25</b>	3.98	0.0086
	<b>70:30</b>	2.39	0.0038
2% TiO <sub>2</sub>	<b>95:5</b>	1.49	0.0219
	<b>90:10</b>	0.81	0.0156
	<b>85:15</b>	1.05	0.0184
	<b>80:20</b>	1.47	0.0204
	<b>75:25</b>	0.87	0.0043
	<b>70:30</b>	2.14	0.0167

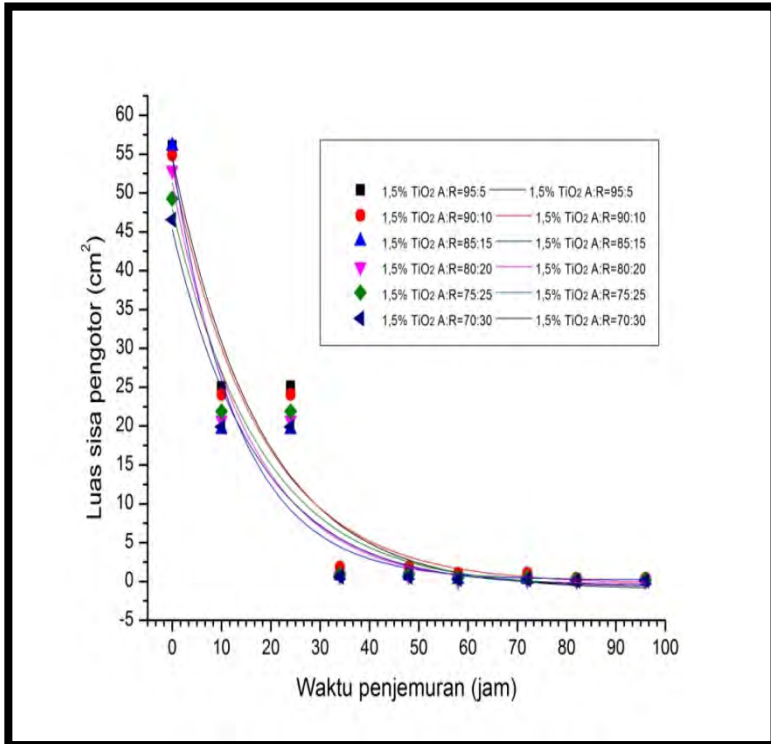
Tabel 4.4 menunjukkan luas sisa pengotor dan laju degradasi awal pengotor untuk pengujian *self cleaning* dengan pengotor lumpur. Tabel 4.4 memperlihatkan bahwa sampel yang memiliki nilai luas sisa pengotor dan prosentase sisa pengotor paling kecil untuk pengotor lumpur adalah sampel 2%  $\text{TiO}_2$  dengan anatase : rutil 90:10. Dari data tabel 4.4 selanjtnya akan dibuat kurva untuk membandingkan hubungan antara lamanya proses penjemuran dan luas sisa pengotor.



**Gambar 4.8** Laju degradasi pengotor lumpur cat biasa dan 1%  $\text{TiO}_2$

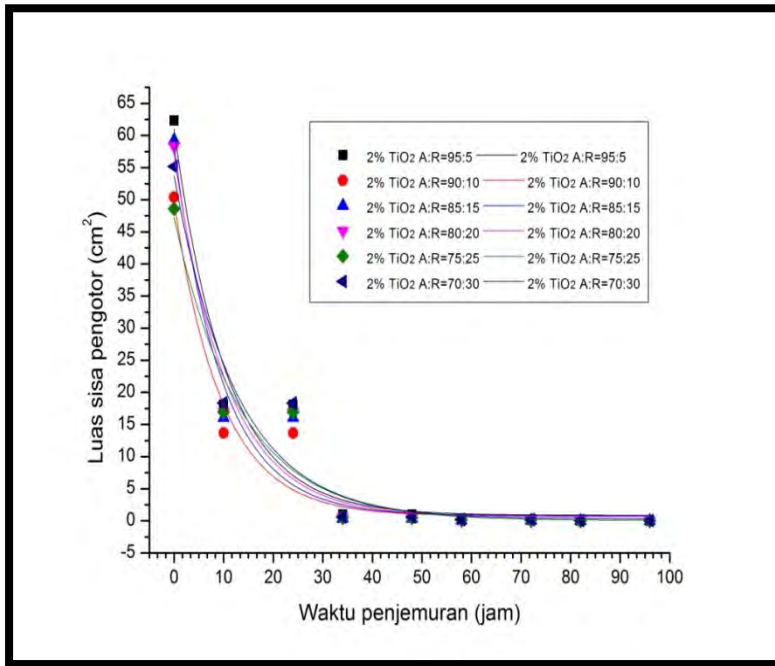
Gambar 4.8 merupakan grafik laju degradasi untuk pengotor lumpur dengan perbandingan 1%  $\text{TiO}_2$ . Dari grafik tersebut dapat diketahui laju degradasi mulai dari 0 jam ke 10 jam terjadi sangat cepat, dimana sisa pengotor pada sampel berkurang cukup banyak. Sedangkan dari 10 jam (I) ke 10 jam (IV) laju degradasi juga terjadi akan tetapi tidak terlalu cepat seperti pada

penjemuran 0 jam ke 10 jam (I). Berkurangnya pengotor dapat disebabkan terjadinya pengelupasan film pada cat.



**Gambar 4.9** Laju degradasi pengotor lumpur 1,5% TiO<sub>2</sub>

Gambar 4.9 merupakan grafik laju degradasi untuk pengotor lumpur dengan perbandingan 1,5% TiO<sub>2</sub>. Dari grafik tersebut dapat diketahui laju degradasi yang terjadi pada perbandingan ini terjadi lebih lambat. Lambat yang dimaksud adalah, banyaknya pengotor yang hilang tiap 10 jam cenderung sedikit dan jumlahnya yang hilang sama.



**Gambar 4.10** Laju degradasi pengotor lumpur 2% TiO<sub>2</sub>

Gambar 4.10 merupakan grafik laju degradasi untuk pengotor lumpur dengan perbandingan 2% TiO<sub>2</sub>. Pada perbandingan ini laju degradasi terjadi lebih cepat apabila dibandingkan dengan perbandingan yang lainnya yaitu 1% TiO<sub>2</sub> dan 1,5% TiO<sub>2</sub>. Pengurangan sisa pengotor banyak terjadi dari 0 jam penjemuran ke 10 jam penjemuran. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik dimana terjadi penurunan yang cukup drastis.

Pengujian *self cleaning* pada pengotor lumpur, semua sampel terjadi pengelupasan pada permukaan film cat. Hal ini terjadi karena pengotor lumpur yang basah cenderung menempel pada permukaan film cat, sehingga ketika lumpur mengering dan tersiram air pada proses *self cleaning*, lapisan yang terdekomposisi ikut terkelupas bersama lumpur.

**Tabel 4.5** Komposisi TiO<sub>2</sub> dan fungsi *trendline* untuk pengotor lumpur

Jenis sampel		Trendline
Cat biasa		$39.29e^{-0.03x}$
1% TiO <sub>2</sub>	95:5	$52.58e^{-0.09x}$
	90:10	$45.18e^{-0.07x}$
	85:15	$50.53e^{-0.06x}$
	80:20	$55.38e^{-0.07x}$
	75:25	$56.92e^{-0.05x}$
1,5% TiO <sub>2</sub>	70:30	$79.66e^{-0.09x}$
	95:5	$57.94e^{-0.08x}$
	90:10	$53.42e^{-0.06x}$
	85:15	$52.84e^{-0.08x}$
	80:20	$58.83e^{-0.09x}$
2% TiO <sub>2</sub>	75:25	$46.31e^{-0.07x}$
	70:30	$47.77e^{-0.08x}$
	95:5	$77.71e^{-0.10x}$
	90:10	$67.69e^{-0.11x}$
	85:15	$67.65e^{-0.11x}$
	80:20	$63.66e^{-0.10x}$
	75:25	$63.46e^{-0.10x}$
	70:30	$57.08e^{-0.09x}$

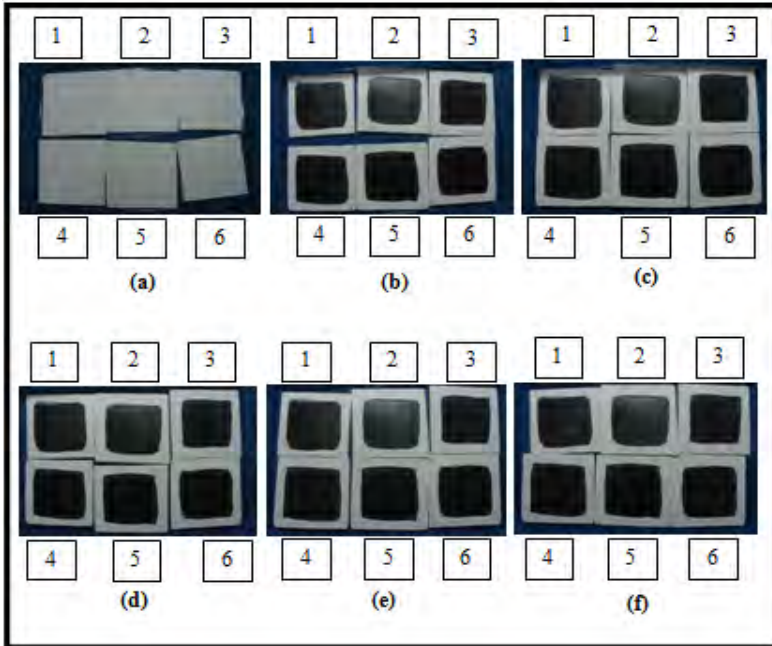
Tabel 4.5 menunjukkan komposisi campuran cat yang tanpa menggunakan TiO<sub>2</sub> dan menggunakan TiO<sub>2</sub>. Dari tabel tersebut dapat diketahui fungsi trendline dari masing-masing komposisi yang digunakan untuk pengotor lumpur.

#### 4.3.3 Pengujian *Self Cleaning* Dengan Pengotor Tinta Warna Hitam

Hasil pengujian *self cleaning* dengan perbandingan 1%, 1,5%, 2% TiO<sub>2</sub> untuk pengotor tinta warna hitam ditunjukkan pada gambar 4.11, gambar 4.12, dan gambar 4.13. Keterangan nomor pada gambar 4.11, gambar 4.12, dan gambar 4.13 secara berurutan menunjukkan bahwa sampel:

(1) TiO<sub>2</sub> anatase : rutile 95:5      (4) TiO<sub>2</sub> anatase : rutile 80:20

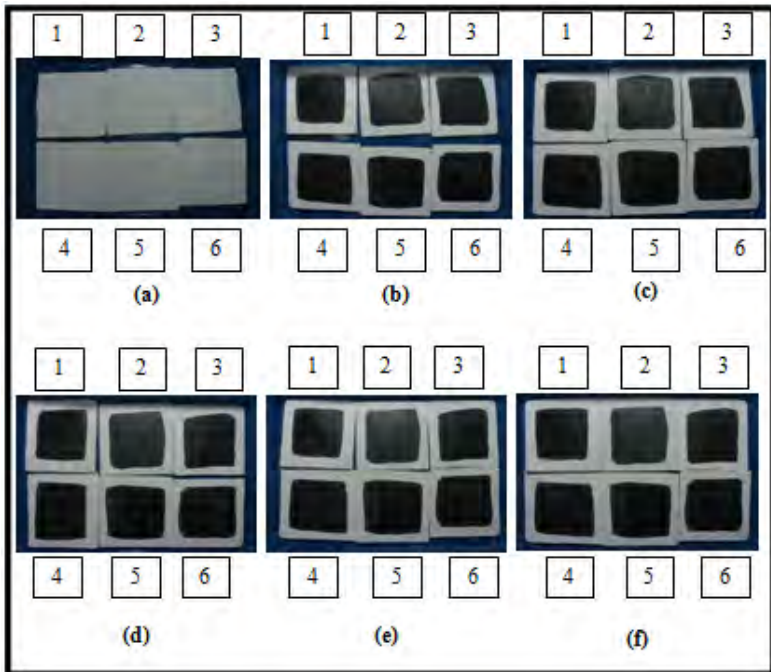
- (2)  $\text{TiO}_2$  anatase : rutile 90:10    (5)  $\text{TiO}_2$  anatase : rutile 75:25  
 (3)  $\text{TiO}_2$  anatase : rutile 85:15    (6)  $\text{TiO}_2$  anatase : rutile 70:30



**Gambar 4.11** (a) Sampel sebelum diberi pengotor, (b) sampel setelah diberi pengotor, (c) sampel setelah disempnot pada penjemuran 10 jam (I), (d) sampel setelah disempnot pada penjemuran 10 jam (II), (e) sampel setelah disempnot pada penjemuran 10 jam (III), (f) sampel setelah disempnot pada penjemuran 10 jam (IV) dengan perbandingan 1%  $\text{TiO}_2$

Pada gambar 4.11(a) merupakan kondisi awal sampel ketika sampel belum diberi pengotor dan gambar 4.11(b) merupakan kondisi awal sampel ketika diberi pengotor. Setelah dilakukan 10 jam (I) penjemuran seperti pada gambar 4.11(c), terlihat bahwa kotoran yang ada pada sampel masih ada bahkan cenderung tidak

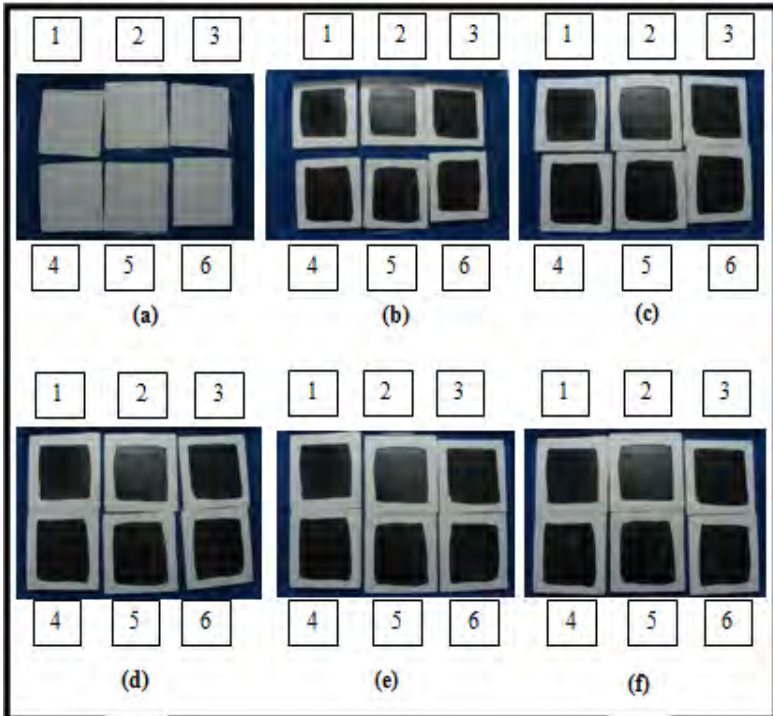
berkurang. Setelah 10 jam (IV) penjemuran jika diperhatikan, pengotor yang ada pada sampel masih terlihat banyak. Pengotor berkurang relatif sedikit, hal ini berbeda ketika sampel diberi pengotor lumpur. Pada pengotor tinta laju degradasi atau berkurangnya pengotor terjadi sangat lambat.



**Gambar 4.12** (a) Sampel sebelum diberi pengotor, (b) sampel setelah diberi pengotor, (c) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (I), (d) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (II), (e) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (III), (f) sampel setelah disemprot pada Penjemuran 10 jam (IV) dengan perbandingan 1,5%  $\text{TiO}_2$

Gambar 4.12 merupakan hasil penjemuran 10 jam (I) sampai dengan penjemuran 10 jam (IV) pada pengotor tinta spidol warna

hitam dengan perbandingan 1,5%. Dari hasil yang didapat pengotor yang hilang tidak banyak, yang berarti laju degradasi berjalan lambat.



**Gambar 4.13** (a) Sampel sebelum diberi pengotor, (b) sampel setelah diberi pengotor, (c) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (I), (d) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (II), (e) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 Jam (III), (f) sampel setelah disemprot pada penjemuran 10 jam (IV) dengan perbandingan 2%  $\text{TiO}_2$



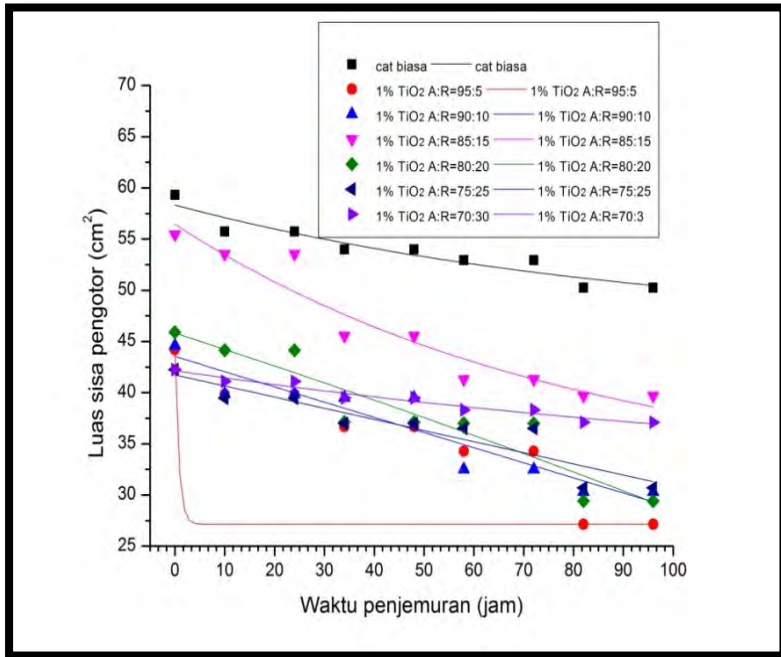
Gambar 4.4(b), gambar 4.11, gambar 4.12, gambar 4.13 setelah mengalami proses *self cleaning*, maka selanjutnya gambar tersebut diolah menggunakan *software* ImageJ untuk mendapatkan nilai luas sisa pengotor, laju degradasi, dan *trendline*.

**Tabel 4.6** Laju degradasi awal pengotor dan luas sisa pengotor tinta

Jenis sampel		Luas sisa pengotor (cm <sup>2</sup> )	Laju degradasi awal pengotor (cm <sup>2</sup> /menit)
Cat biasa		28.25	0.0060
1% TiO <sub>2</sub>	<b>95:5</b>	27.14	0.0073
	<b>90:10</b>	30.30	0.0079
	<b>85:15</b>	39.70	0.0032
	<b>80:20</b>	29.40	0.0029
	<b>75:25</b>	30.70	0.0046
	<b>70:30</b>	37.10	0.0019
1.5% TiO <sub>2</sub>	<b>95:5</b>	34.68	0.0013
	<b>90:10</b>	34.60	0.0006
	<b>85:15</b>	30.50	0.0078
	<b>80:20</b>	26.29	0.0002
	<b>75:25</b>	33.79	0.0009
	<b>70:30</b>	40.39	0.0041
2% TiO <sub>2</sub>	<b>95:5</b>	20.50	0.0197
	<b>90:10</b>	28.02	0.0109
	<b>85:15</b>	23.80	0.0106
	<b>80:20</b>	26.70	0.0002
	<b>75:25</b>	26.40	0.0066
	<b>70:30</b>	26.39	0.0011

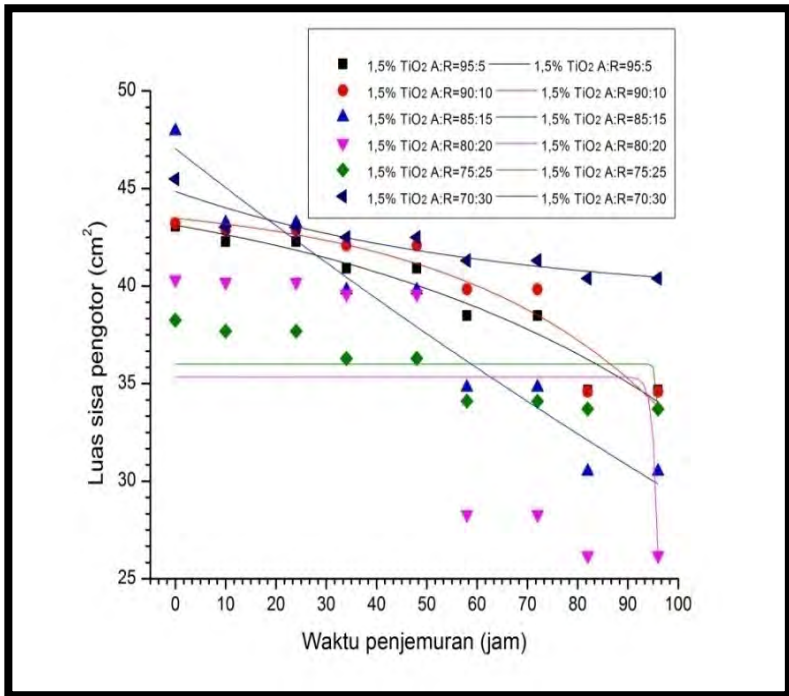
Sedangkan tabel 4.6 memperlihatkan bahwa sampel yang memiliki nilai luas sisa pengotor dan prosentase sisa pengotor paling kecil untuk pengotor tinta warna hitam adalah sampel 2% TiO<sub>2</sub> dengan anatase : rutile 95:5. Dari data tabel 4.6 selanjutnya

akan dibuat kurva untuk membandingkan hubungan antara lama penjemuran dan luas sisa pengotor.



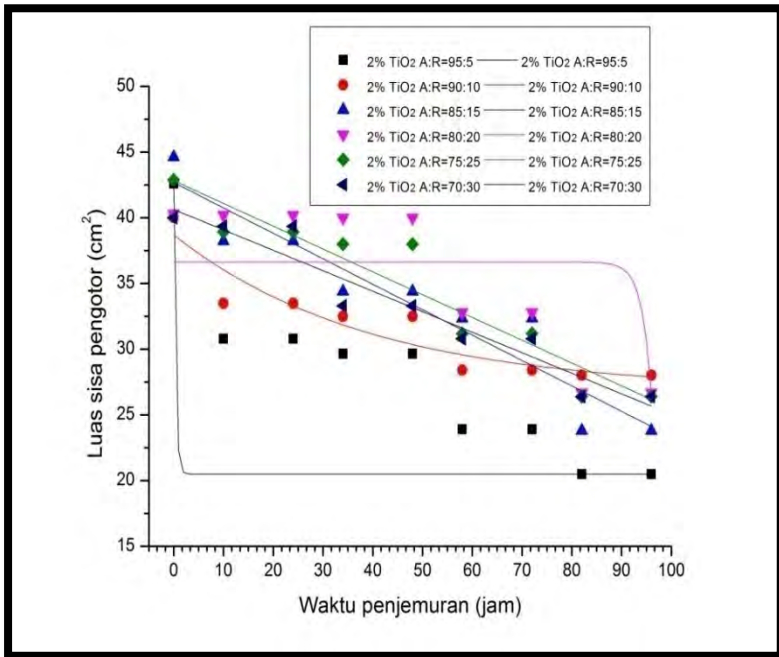
**Gambar 4.14** Laju degradasi pengotor tinta warna hitam 1% TiO<sub>2</sub>

Gambar 4.14 merupakan laju degradasi untuk pengotor tinta warna hitam dengan perbandingan 1% TiO<sub>2</sub>. Dari grafik dapat dilihat bahwa pengotor hanya berkurang sangat sedikit. Laju degradasi yang terjadi sangat lambat pada pengotor tina.



**Gambar 4.15** Laju degradasi pengotor tinta warna hitam 1,5%  $\text{TiO}_2$

Gambar 4.15 merupakan laju degradasi untuk pengotor tinta warna hitam dengan perbandingan 1,5%  $\text{TiO}_2$ . Pada perbandingan ini pengotor juga hanya berkurang sangat sedikit, yang berarti laju degradasinya juga berjalan sangat lambat. Pengotor berkurang pada semua sampel akan tetapi berkurangnya sangat sedikit yang dapat dilihat pada gambar 4.15. Jika dibandingkan dengan hasil laju degradasi 1%  $\text{TiO}_2$  proses peluruhan terjadi sama-sama lambat mulai dari 10 jam (I) penjemuran.



**Gambar 4.16** Laju degradasi pengotor tinta warna hitam 2% TiO<sub>2</sub>

Gambar 4.16 merupakan laju degradasi untuk pengotor tinta warna hitam. Pengotor berkurang pada semua sampel, namun laju degradasi yang terjadi cukup lambat. Pada perbandingan ini laju degradasi terjadi lambat akan tetapi jika dibandingkan dengan perbandingan 1% dan 1,5%, perbandingan 2% memiliki laju degradasi yang lebih baik. Semakin besar perbandingan anatase : rutila maka akan semakin baik pula hasil yang diperoleh. Pada pengujian *self cleaning* dengan pengotor tinta tidak terjadi pengelupasan pada permukaan film. Pengotor tinta yang berupa cairan akan meresap ketika diaplikasikan pada lapisan permukaan film cat.

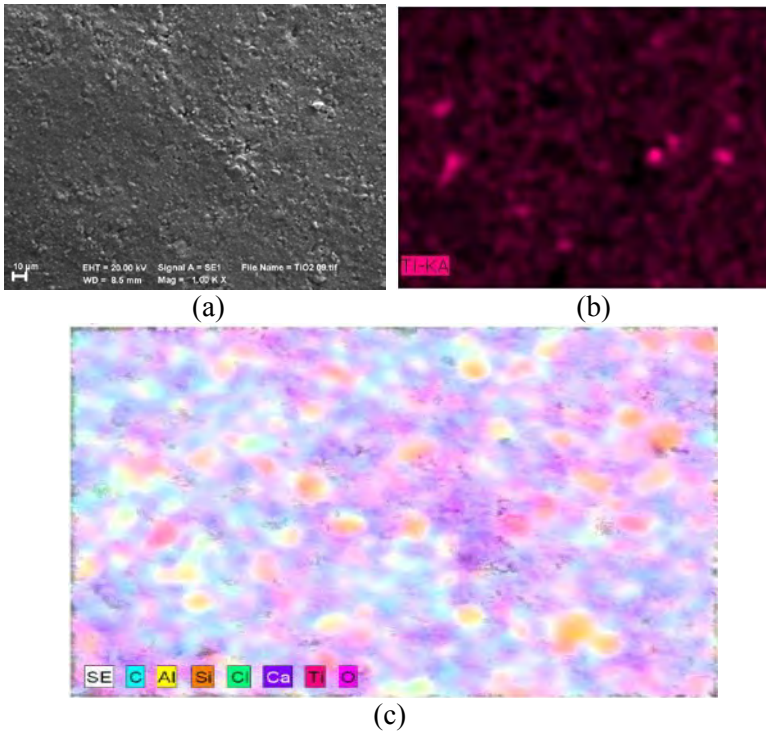
**Tabel 4.7** Komposisi TiO<sub>2</sub> dan fungsi *trendline* untuk pengotor tinta

Jenis sampel		Trendline
Cat biasa		$41.31e^{-0.01x}$
1% TiO <sub>2</sub>	95:5	$40.29e^{-0.01x}$
	90:10	$44.95e^{-0.01x}$
	85:15	$56.20e^{-0.00x}$
	80:20	$47.34e^{-0.01x}$
	75:25	$42.67e^{-0.00x}$
1,5% TiO <sub>2</sub>	70:30	$42.31e^{-0.00x}$
	95:5	$44.18e^{-0.00x}$
	90:10	$44.79e^{-0.00x}$
	85:15	$45.03e^{-0.01x}$
	80:20	$43.75e^{-0.01x}$
2% TiO <sub>2</sub>	75:25	$38.59e^{-0.00x}$
	70:30	$44.93e^{-0.00x}$
	95:5	$48.53e^{-0.01x}$
	90:10	$38.40e^{-0.00x}$
	85:15	$45.15e^{-0.01x}$
	80:20	$43.65e^{-0.01x}$
	75:25	$44.36e^{-0.01x}$
	70:30	$41.63e^{-0.01x}$

Tabel 4.7 menunjukkan komposisi campuran cat yang tanpa menggunakan TiO<sub>2</sub> dan menggunakan TiO<sub>2</sub>. Dari tabel tersebut dapat diketahui fungsi trendline dari masing-masing komposisi yang digunakan untuk pengotor tinta spidol.

#### 4.3.4 Pengujian Dispersi TiO<sub>2</sub> Dengan SEM-EDX

Pada gambar 4.17 merupakan hasil pengujian dispersi TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan SEM-EDX untuk 2% TiO<sub>2</sub> dengan perbandingan anatase : rutil 95:5 pada pengotor tinta. Partikel yang berwarna merah muda merupakan partikel TiO<sub>2</sub>. Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa TiO<sub>2</sub> terdispersi merata pada seluruh permukaan.



**Gambar 4.17** Hasil pengujian SEM-EDX untuk 2%  $\text{TiO}_2$  dengan perbandingan anatase : rutil = 95:5, (a) SEM image ; (b) EDX image distribusi  $\text{TiO}_2$  ; (c) EDX image distribusi partikel  $\text{TiO}_2$

#### 4.4 Interpretasi Hasil Analisa

Pada subbab 4.1 telah dijelaskan hasil pengujian XRD  $\text{TiO}_2$ . Setelah dilakukan pengujian XRD kemudian dilakukan perhitungan ukuran kristal menggunakan persamaan Scherrer (persamaan 4.1). Puncak-puncak yang terbentuk pada setiap fase digolongkan termasuk fase anatase atau fase rutil berdasarkan nilai  $2\theta$ .  $\text{TiO}_2$  yang dikalsinasi pada temperatur  $400^\circ\text{C}$  selama 4 jam untuk menghasilkan fase anatase. Puncak-puncak yang muncul pada fase anatase dicocokkan dengan JCPDS 00-021-1272 dan 00-004-0551. Pada proses kalsinasi dengan temperatur

400 °C selama 5 jam,  $\text{TiO}_2$  tidak sepenuhnya berubah menjadi fase anatase melainkan juga mulai terbentuk fase rutile. Fase rutile terbentuk pada sudut  $27.49^\circ$ .

Untuk  $\text{TiO}_2$  yang dikalsinasi pada temperatur 1000°C selama 7 jam akan menghasilkan fase rutile. Puncak-puncak yang muncul pada fase rutile dicocokkan dengan JCPDS 00-21-1276. Dengan perlakuan proses kalsinasi pada temperatur 1000°C selama 7 jam, sepenuhnya berubah menjadi rutile. Selain dapat melihat fase yang terbentuk, dari gambar 4.1 dan gambar 4.2 dapat dihitung ukuran kristalnya. Ukuran kristal untuk  $\text{TiO}_2$  yang dikalsinasi pada temperatur 400 °C selama 4 jam adalah 34.45 nm. Sedangkan ukuran kristal untuk  $\text{TiO}_2$  yang dikalsinasi pada temperatur 1000 °C selama 7 jam adalah 60.65 nm. Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa ukuran kristal untuk fase anatase lebih kecil dibandingkan dengan ukuran kristal fase rutile.

Gambar 4.3 merupakan hasil pengujian FTIR dari  $\text{TiO}_2$  fase anatase dan rutile. Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui adanya beberapa gugus fungsi yang terjadi pada panjang gelombang tertentu yang ditunjukkan dengan puncak gelombang pada gambar 4.3. Puncak gelombang yang terjadi kemudian dibandingkan dengan data referensi pada tabel 4.1.

Pengujian FTIR juga dilakukan pada suspensi  $\text{TiO}_2/\text{PEG}$  6000. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jenis ikatan yang terbentuk antara  $\text{TiO}_2$  dengan PEG. Pada bilangan gelombang  $3346\text{ cm}^{-1}$  merupakan ikatan -OH (berdasarkan data referensi pada tabel 4.1). Apabila terjadi pergeseran pada bilangan gelombang tersebut berarti telah terjadi ikatan antara PEG dengan -OH. Bilangan gelombang  $1636\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan H-O-H dan Ti-OH. Sedangkan puncak yang muncul pada daerah  $1210\text{ cm}^{-1}$  adalah kerangka dari  $\text{TiO}_2$  (Ti-O-O).

Berdasarkan hasil pengujian validasi dengan menggunakan FTIR, proses pembuatan suspensi  $\text{TiO}_2/\text{PEG}$  6000 telah berhasil dilakukan karena terjadi puncak-puncak serapan setelah ditambahkan dengan PEG 6000. Hasil pengujian FTIR pada suspensi  $\text{TiO}_2/\text{PEG}$  menunjukkan adanya serapan gugus OH dari

ikatan hidrogen pada daerah  $3346,00\text{ cm}^{-1}$  ( $3500\text{ cm}^{-1} - 3200\text{ cm}^{-1}$ ) yang merupakan serapan gugus OH sekunder (Lampiran E). Adanya gugus -OH sekunder ini dapat dilihat dari adanya pita serapan pada daerah 1081,57.

Pengolahan citra dengan software ImageJ dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel yang didapat dari gambar sampel. Dari ukuran partikel tersebut kemudian diolah nilai luas sisa pengotor dan prosentase sisa pengotor.

Pada pengujian *self cleaning* dengan pengotor lumpur, dari gambar 4.7(f) dapat dilihat sampel yang paling bersih adalah sampel ke kedua yaitu sampel 2%  $\text{TiO}_2$  dengan perbandingan anatase : rutil 90:10. Dari tabel 4.5 dan tabel 4.7 terlihat bahwa seluruh sampel memiliki fungsi eksponensial negatif [ $y = y_0 + A \exp^{-R_0(t)}$ ]. Semakin negatif nilai  $a$  maka semakin cepat grafik menurun mendekati sumbu  $x$ . Pada saat awal (0-10 jam) laju degradasi pengotor cukup besar dan secara bertahap mengalami penurunan. Dari tabel 4.5 2%  $\text{TiO}_2$  dengan perbandingan A:R=(90:10) memiliki nilai  $a$  paling negatif yaitu -0,11, hal ini menunjukkan proses degradasi pengotor pada komposisi tersebut berlangsung lebih baik dan lebih cepat dibandingkan dengan sampel yang lain.

Berdasarkan tabel 4.4 nilai luas sisa pengotor dan prosentase sisa pengotor dari sampel ke kedua bernilai paling kecil, hal ini menunjukkan sifat *self cleaning*-nya semakin baik. Nilai luas sisa pengotor dan prosentase sisa pengotor menjadi semakin kecil seiring bertambahnya nilai struktur anatase yang digunakan untuk setiap prosentase  $\text{TiO}_2$ . Dari hasil tersebut maka dapat dijelaskan bahwa semakin besar jumlah  $\text{TiO}_2$  dengan struktur anatase yang digunakan maka efek fotokatalis akan menjadi semakin baik sehingga akan menghasilkan sifat *self cleaning* yang semakin baik.

Hasil pengujian *self cleaning* dengan menggunakan pengotor tinta berbeda dengan hasil pengujian *self cleaning* dengan menggunakan pengotor lumpur. Hal tersebut dapat diketahui dari nilai komposisi perbandingan anatase : rutil yang berbeda. Pengujian *self cleaning* dengan menggunakan pengotor tinta



memiliki sifat *self cleaning* terbaik adalah sampel 2%  $\text{TiO}_2$  A:R=(95:5) seperti pada gambar 4.13(f). Dari tabel 4.6 menunjukkan jika sampel pertama memiliki nilai luas sisa pengotor dan prosentase sisa pengotor bernilai paling kecil.

Grafik laju degradasi pengotor tinta juga merupakan fungsi eksponensial negatif seperti pada pengotor lumpur, yang artinya laju degradasi pengotor pada saat awal penjemuran besar dan secara bertahap mengalami penurunan yang lambat. Dari tabel 4.7, 2%  $\text{TiO}_2$  A:R=(95:5) memiliki nilai  $a$  paling negatif yaitu -0,01, sehingga pada komposisi tersebut memiliki kemampuan degradasi pengotor yang lebih baik dibandingkan dengan sampel yang lain.

Pengujian dispersi  $\text{TiO}_2$  dengan menggunakan SEM-EDX dilakukan pada sampel 2%  $\text{TiO}_2$  dengan perbandingan anatase : rutile = 95:5, yang merupakan sampel dengan kemampuan *self cleaning* paling baik diantara sampel yang lainnya. Hasil pengujian dengan EDX menunjukkan bahwa partikel  $\text{TiO}_2$  terdispersi secara merata seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.20.

Pada sampel pengujian *self cleaning* dengan menggunakan pengotor tinta tidak terjadi pengelupasan pada permukaan film cat. Sedangkan pada sampel pengujian *self cleaning* dengan menggunakan pengotor cat terjadi pengelupasan film. Hal ini terjadi karena pengotor lumpur yang basah cenderung menempel pada permukaan film cat sehingga ketika lumpur mengering dan mengalami proses *self cleaning*, lapisan cat yang terdekomposisi ikut terkelupas bersama lumpur. Sedangkan pada pengotor tinta yang berupa cairan akan meresap ketika diaplikasikan pada lapisan permukaan film cat sehingga tidak terjadi pengelupasan.

Dari hasil yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis dapat menggantikan  $\text{TiO}_2$  Degussa P25. Semua hasil yang diperoleh dari pengujian XRD, FTIR, SEM dan *self cleaning* menunjukkan hasil yang hampir sama dengan pengujian yang dilakukan menggunakan  $\text{TiO}_2$  Degussa P25, meskipun terjadi perbedaan perbandingan fase anatase : rutile jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh

Kusmahetiningsih pada tahun 2012. Perbedaan perbandingan anatase : rutile dari penelitian sebelumnya dapat terjadi dikarenakan pengotor yang digunakan memiliki sifat yang tidak sama, yaitu antara pengotor tinta spidol warna hitam dan pewarna makanan. Pengotor tinta spidol cenderung lebih cepat meresap pada cat jika dibandingkan dengan pewarna makanan, hal tersebut dikarenakan kemungkinan adanya perbedaan ukuran partikel dan daya serap yang berbeda dari tinta spidol dan pewarna makanan. Pada penelitian ini juga dapat dibuktikan bahwa  $\text{TiO}_2$  hasil dari sintesis dapat diaplikasikan pada cat tembok untuk menghasilkan sifat *self cleaning* dengan menggunakan *dispersant* PEG 6000.

## BAB V

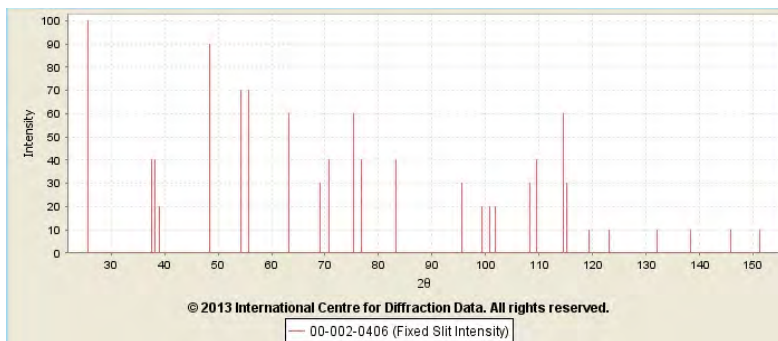
### KESIMPULAN

Dalam laporan tugas akhir ini telah berhasil dilakukan penelitian tentang aplikasi sintesis  $\text{TiO}_2$  dengan prekursor  $\text{TiCl}_3$  sebagai *self cleaning* pada cat tembok. Adapun rincian yang dapat disimpulkan :

- Telah dilakukan sintesis nanokristal  $\text{TiO}_2$  dengan prekursor  $\text{TiCl}_3$  dan didapatkan ukuran partikel untuk fase anatase yaitu 34,45 nm dan 60,65 nm untuk fase rutil. Bahan  $\text{TiO}_2$  yang disintesis telah mampu digunakan sebagai bahan *self cleaning* yang diterapkan pada pengotor lumpur dan tinta.
- Cat tembok dengan campuran  $\text{TiO}_2$  memiliki sifat *self cleaning* yang lebih baik dibandingkan dengan cat tembok tanpa campuran  $\text{TiO}_2$ . Untuk pengotor lumpur dengan campuran  $\text{TiO}_2$  didapatkan luas sisa pengotor  $0,81 \text{ cm}^2$  dengan laju degradasi sebesar  $67,69e^{-0.11x}$  pada perbandingan 2%  $\text{TiO}_2$  A:R = 90:10, sedangkan pada cat biasa didapatkan luas sisa pengotor  $12,21 \text{ cm}^2$  dengan laju degradasi sebesar  $39,29e^{-0.03x}$ . Untuk pengotor tinta dengan campuran  $\text{TiO}_2$  didapatkan luas sisa pengotor  $20,5 \text{ cm}^2$  dengan laju degradasi sebesar  $48,53e^{-0.01x}$  pada perbandingan 2%  $\text{TiO}_2$  A:R = 95:5, sedangkan pada cat biasa didapatkan luas sisa pengotor  $28,25 \text{ cm}^2$  dengan laju degradasi sebesar  $41,31e^{-0.01x}$ .  $\text{TiO}_2$  dari hasil sintesis memiliki sifat yang sama dengan  $\text{TiO}_2$  Degussa P25.

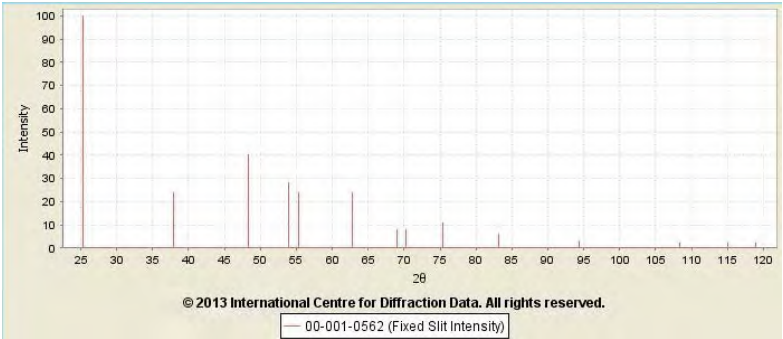
*Halaman ini memang dikosongkan.*

# **LAMPIRAN A (JCPDS 21-1272)** **TiO<sub>2</sub> Fase Anatase**



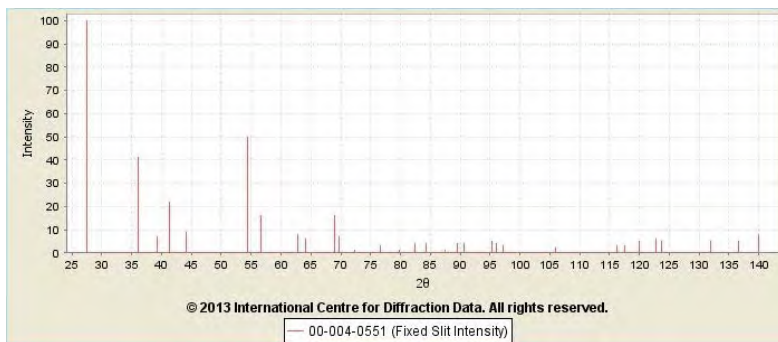
2θ	d(Å)	Intensity	h	k	l
25.6510	3.470000	100	1	0	1
37.6033	2.390000	40	0	0	4
38.2680	2.350000	40			
38.9572	2.310000	20	1	1	2
48.3749	1.880000	90	2	0	0
54.2312	1.690000	70	1	0	5
55.6583	1.650000	70	2	1	1
63.2019	1.470000	60	2	0	4
68.9967	1.360000	30	1	1	6
70.7827	1.330000	40	2	2	0
75.3719	1.260000	60	2	1	5
76.8067	1.240000	40			
83.2166	1.160000	40	3	1	2
95.5743	1.040000	30	3	2	1
99.3974	1.010000	20			

LAMPIRAN B (JCPDS 04-0551)  
TiO<sub>2</sub> Fase Anatase



2θ	d(Å)	Intensity	h	k	l
25.2806	3.520000	100	1	0	1
37.9327	2.370000	24	1	0	3
48.3749	1.880000	40	2	0	0
53.8863	1.700000	28	1	0	5
55.2942	1.660000	24			
62.7262	1.480000	24	2	1	3
68.9967	1.360000	8	1	1	6
70.1763	1.340000	8			
75.3719	1.260000	11	1	0	7
83.2166	1.160000	6	3	0	3
94.3781	1.050000	3	3	1	4
108.3525	0.950000	2	3	1	6
115.0616	0.913000	2	4	0	2
118.9958	0.894000	2	4	1	1

# **LAMPIRAN C (JCPDS 21-1276)** **TiO<sub>2</sub> Fase Rutile**



2θ	d(Å)	Intensity	h	k	l
27.4633	3.245000	100	1	1	0
36.0550	2.489000	41	1	0	1
39.1866	2.297000	7	2	0	0
41.2252	2.188000	22	1	1	1
44.0504	2.054000	9	2	1	0
54.3355	1.687000	50	2	1	1
56.6289	1.624000	16	2	2	0
62.7262	1.480000	8	0	0	2
64.0286	1.453000	6	3	1	0
68.9967	1.360000	16	3	0	1
69.7585	1.347000	7	1	1	2
72.3499	1.305000	1	3	1	1
76.5876	1.243000	3	2	0	2
79.8673	1.200000	1	2	1	2
82.3497	1.170000	4	3	2	1
84.2397	1.148500	4	4	0	0
87.4907	1.114000	1	4	1	0
89.5857	1.093300	4	2	2	2
90.7050	1.082700	4	3	3	0

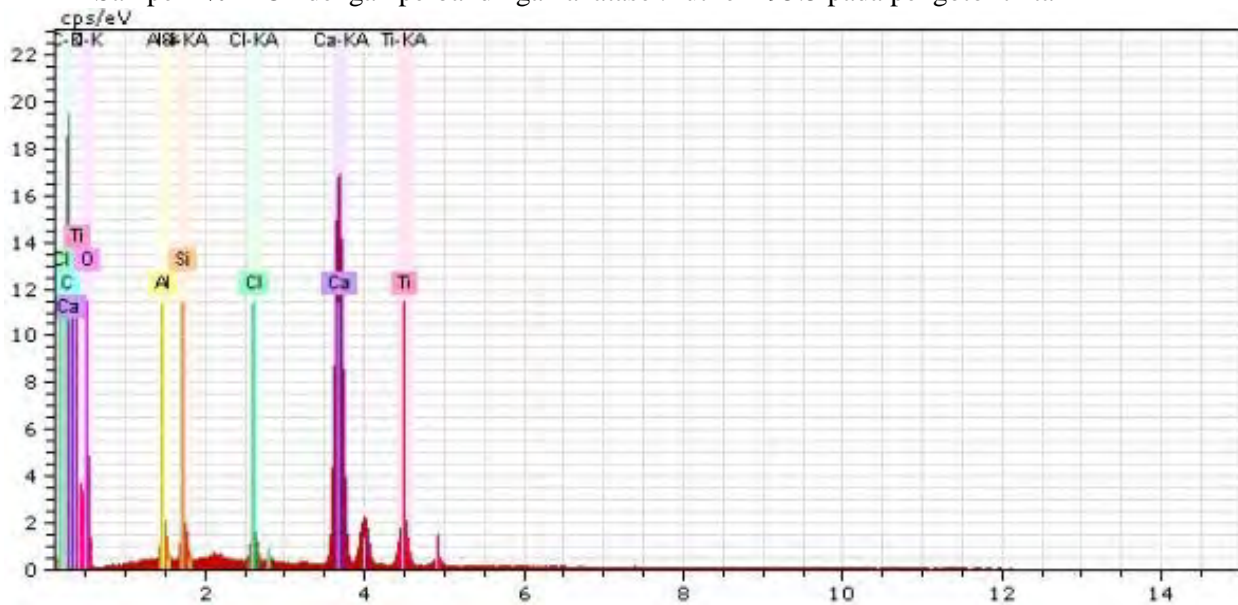




## LAMPIRAN D

### Hasil Pengujian SEM-EDX

- Sampel 2% TiO<sub>2</sub> dengan perbandingan anatase : rutile = 95:5 pada pengotor tinta

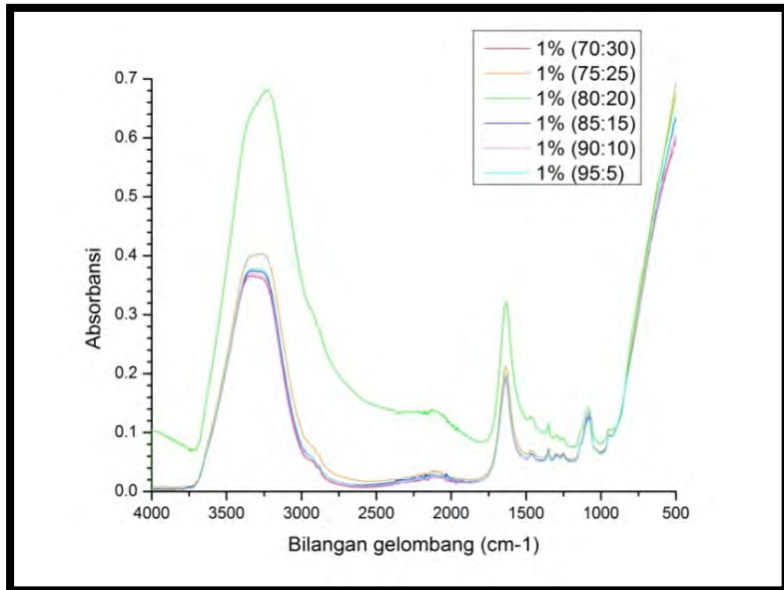




## LAMPIRAN E

### Hasil Pengujian FTIR

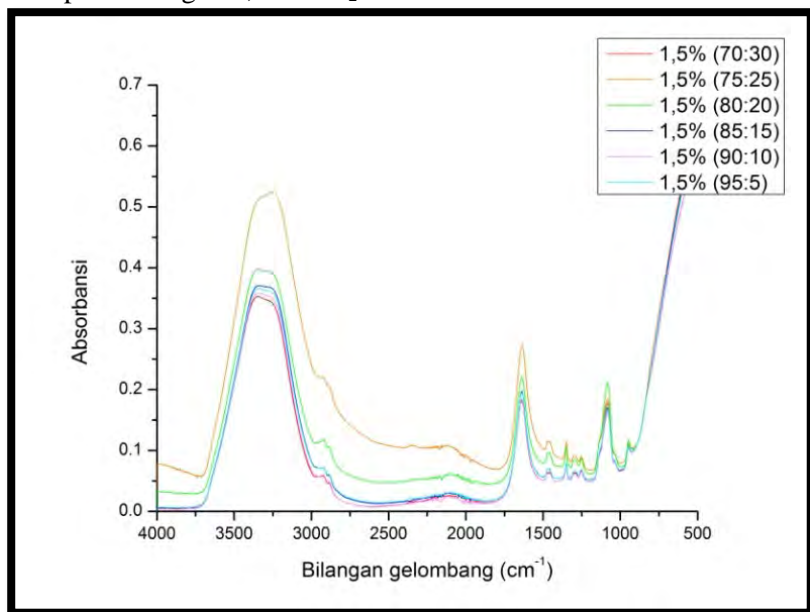
1. Hasil serapan spektra suspensi  $\text{TiO}_2$ /PEG dengan prosentase 1%  $\text{TiO}_2$



Anatase : Rutile	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Absorbansi
95:5	1081,49	0,123
	1636,23	0,196
	3329,55	0,378
90:10	1081,36	0,134
	1636,25	0,190
	3338,41	0,370
85:15	1081,29	0,128
	1636,11	0,195
	3319,53	0,375
80:20	1084,18	0,141
	1635,38	0,321

	3235,30	0,681
75:25	1081,92	0,123
	1636,28	0,213
	3264,96	0,404
70:30	1081,97	0,133
	1636,24	0,187
	3333,67	0,366

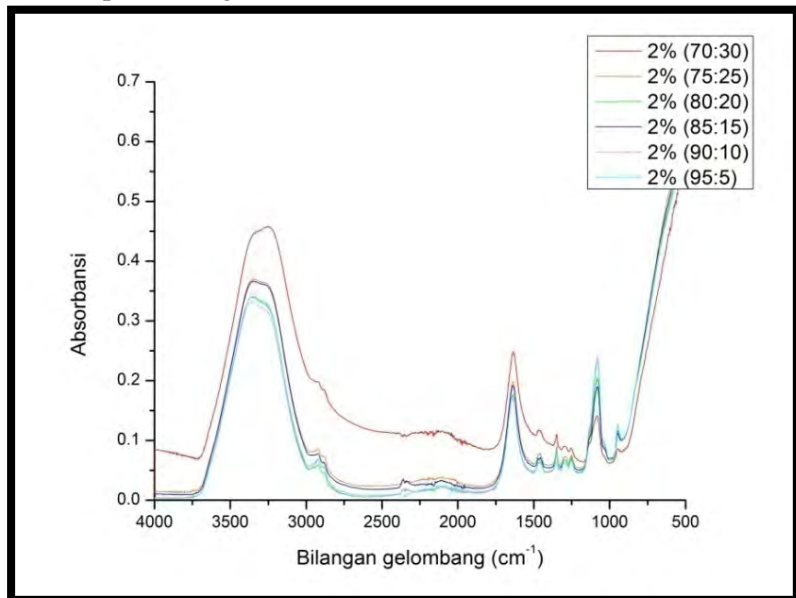
2. Hasil serapan spektra suspensi  $\text{TiO}_2/\text{PEG}$  dengan perbandingan 1,5%  $\text{TiO}_2$



Anatase : Rutile	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Absorbansi
95:5	1081,32	0,173
	1636,37	0,195
	3343,71	0,366
90:10	1081,57	0,162
	1636,39	0,184

	3346,00	0,359
85:15	1081,34	0,169
	1636,28	0,197
	3346,05	0,371
80:20	1081,54	0,212
	1636,34	0,221
	3346,06	0,398
75:25	1082,31	0,184
	1635,08	0,274
	3254,22	0,525
70:30	1080,77	0,179
	1636,36	0,182
	3347,00	0,353

3. Hasil serapan spektra suspensi  $\text{TiO}_2/\text{PEG}$  dengan perbandingan 2%  $\text{TiO}_2$



Anatase : Rutile	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Absorbansi
95:5	1080,89	0,232
	1636,54	0,178
	3355,10	0,340
90:10	1080,77	0,240
	1636,94	0,172
	3355,41	0,332
85:15	1080,94	0,190
	1636,59	0,192
	3345,84	0,367
80:20	1080,82	0,206
	1636,53	0,175
	3356,16	0,341
75:25	1081,02	0,201
	1636,84	0,199
	3348,93	0,370
70:30	1082,28	0,141
	1633,47	0,248
	3250,54	0,458

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sidoarjo pada tanggal 14 Nopember 1992 dari ayah yang bernama Suratoyo dan Ibu bernama Dwiyanti Woro Srusesanti. Penulis merupakan anak pertama sekaligus anak tunggal. Saat ini penulis tinggal di Jalan Panorama Raya B/3a No.7 RT 54 RW 18 Kec. Taman Kel. Pandean Kota Madiun. Pada tahun 2004, penulis menyelesaikan pendidikannya di SDN 03 Mojorejo Madiun. Tahun 2007, telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 6 Madiun. Tahun 2010 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 1 Madiun. Dan pada tahun 2014 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar sarjananya di Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP 2410100022. Pada tahun 2014 penulis akhirnya melaksanakan Tugas Akhir sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Fisika dengan judul **“APLIKASI SINTESIS  $\text{TIO}_2$  DENGAN PREKURSOR  $\text{TICl}_3$  SEBAGAI *SELF CLEANING* PADA CAT TEMBOK DENGAN *DISPERSANT PEG 6000*”**. Bagi pembaca yang memiliki saran, kritik, atau ingin berdiskusi lebih lanjut tentang Tugas Akhir ini, maka bisa menghubungi penulis melalui [ririz.rizkydesy@gmail.com](mailto:ririz.rizkydesy@gmail.com).

*Halaman ini memang dikosongkan*